

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

СИСТЕМА ЗАКОНОВ РАЗВИТИЯ ТЕХНИКИ
(ОСНОВЫ ТЕОРИИ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ)

Издание 2-е исправленное и дополненное

**Книга для изобретателя изучающего
ТРИЗ - теорию решения изобретательских задач.**

© Юрий Петрович Саламатов, 1991-1996г.г.
текст приведен по рукописи
ysal@mail.kts.ru

INSTITUTE OF INNOVATIVE DESIGN

Красноярск, 1996г

В работе изложены результаты исследований и методических разработок автора (1982 - 1989 гг) по теории развития технических систем (ТРТС) на основе сформулированных к настоящему времени законов развития техники (ТС.Альтшуллер) и подходов к их изложению разработанных в Красноярской школе ТРИЗ.

Цель работы - сведение в целостную систему законов развития ТС и выработка общей схемы (модели) развития систем справедливой для любой области техники.

В основу модели развития положены единые представления о технической системе, ее свойствах, структуре, элементах и функциях, о причинах и движущих силах развития. Все теоретические положения иллюстрируются множеством примеров из изобретательской практики, истории развития конкретных систем.

Законы изложены с достаточной для прямого практического применения степенью детализации, рассматриваются выявленные следствия из законов, правила и особенности использования законов в процессе развития ТС. Особое внимание уделено главному закону ТРТС - закону увеличения степени идеальности систем.

В целом работу можно рассматривать как методическое пособие для преподавателей ТРИЗ-ТРТС - в этом качестве она легко разбивается на тематические блоки для лекционных и практических занятий.

1-е издание вышло в 1991 г в издательстве "Карелия" (Петрозаводск) в сб. "Шанс на приключение", с. 5 - 174.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение **2. ОЧЕРК ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ТЕХНИКИ**

- 2.1. Неизбежность возникновения техники
- 2.2. Схема развития орудий производства
- 2.3. Примеры из истории техники

СИСТЕМА ЗАКОНОВ РАЗВИТИЯ ТЕХНИКИ

(ОСНОВЫ ТЕОРИИ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ)

Издание 2-е исправленное и
дополненное

**Книга для изобретателя
изучающего
ТРИЗ - теорию решения
изобретательских задач.**

© Юрий Петрович Саламатов, 1991-
1996г.г.

текст приведен по рукописи
ysal@mail.kts.ru

INSTITUTE OF INNOVATIVE DESIGN

Красноярск, 1996г

В работе изложены результаты исследований и методических разработок автора (1982 - 1989 г.г.) по теории развития технических систем (ТРТС) на основе сформулированных к настоящему времени законов развития техники (Г.С.Альтшуллер) и подходов к их изложению разработанных в Красноярской школе ТРИЗ.

Цель работы - сведение в целостную систему законов развития ТС и

выработка общей схемы (модели) развития систем справедливой для любой области техники.

В основу модели развития положены единые представления о технической системе, ее свойствах, структуре, элементах и функциях, о причинах и движущих силах развития. Все теоретические положения иллюстрируются множеством примеров из изобретательской практики, истории развития конкретных систем.

Законы изложены с достаточной для прямого практического применения степенью детализации,

рассматриваются выявленные следствия из законов, правила и особенности использования законов в процессе развития ТС. Особое внимание уделено главному закону ТРТС - закону увеличения степени идеальности систем.

В целом работу можно рассматривать как методическое пособие для преподавателей ТРИЗ-ТРТС - в этом качестве она легко разбивается на тематические блоки для лекционных и практических занятий.

1-е издание вышло в 1991 г. в издательстве "Карелия"

(Петрозаводск) в сб. "Шанс на приключение", с. 5 - 174.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение

2. ОЧЕРК

ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ТЕХНИКИ

2.1. Неизбежность

возникновения техники

2.2. Схема развития орудий производства

2.3. Примеры из истории техники

2.3.1. Мельница

2.3.2. Изготовление волокнистых
веществ

2.3.3. Карандаш

2.3.4. Изобретение
книгопечатани

2.3.5. Зарождение системы связи

2.3.6. Возникновение и развитие
паровой машины

2.3.7. Колесо телеги

2.3.8. Поморский коч

3. ТЕХНИЧЕСКАЯ

**СИСТЕМА: ПОНЯТИЕ,
ОПРЕДЕЛЕНИЕ,
СВОЙСТВА**

3.1. Общее определение ТС

3.2. Функциональность

3.2.1. Цель-функция_

3.2.2. Потребность-функция_

3.2.3. Носитель функции

3.2.4. Определение функции

3.2.5. Иерархия функций

3.3. Структура

3.3.1. Определение структуры

3.3.2. Элемент структуры

3.3.3. Типы структур

3.3.4. Принципы построения
структуры

3.3.5. Форма

3.3.6. Иерархическая структура систем

3.4. Организация_

3.4.1. Общее понятие

3.4.2. Связи

3.4.3. Управление

3.4.4. Факторы разрушающие организацию

3.4.5. Значение эксперимента в процессе улучшения организации

3.5. Системный эффект (качество)

3.5.1. Свойства в системе

3.5.2. Механизм образования
системных свойств

4. ЗАКОНЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

4.1. Общая часть

4.2. Законы как основа
ТРТС

4.3. Закон полноты частей
системы

4.3.1. Формулировка и основные понятия_

4.3.2. Критерий определения технических систем среди других технических объектов

4.3.3. Примеры правильного определения частей системы

4.4.Закон "энергетической проводимости" системы

4.4.1. Формулировка и основные правила применени

4.4.2. Особенности использования закона при решении изобретательских задач

4.5. Закон согласования ритмики частей системы

4.5.1. Формулировка и общие понятия_

4.5.2. Использование резонанса

4.5.3. Согласование
(рассогласование) ритмики
работы частей системы

4.5.4. Предотвращение или
нейтрализация резонанса

4.5.5. Явление
самосинхронизации
вращающихся тел: вред и
польза

4.5.6. Согласование
(рассогласование) частоты

используемых полей

4.5.7. Действие в паузах

4.5.8. Использование колебаний
и резонанса в задачах на
измерение (обнаружение)

4.6. Закон динамизации технических систем

4.6.1. Формулировка закона и
основные правила его
применения_

4.6.2. Использование закона в
изобретательской практике

4.7. Закон увеличения степени вепольности

СИСТЕМ

4.7.1. Формулировка закона и
основные направления
усложнения систем

4.7.2. Образование цепного
веполя_

4.7.3. Образование двойного
веполя_

4.8. Закон

неравномерности
развития систем

4.9. Закон перехода с
макро- на микроуровень

4.9.1. Формулировка закона и основные направления его применения при развитии систем

4.9.2. Увеличение степени дробления вещества и объединение дробных частей в новую систему

4.9.3. Увеличение степени дробления "смеси" вещества с пустотой (переход к КПМ)

4.9.4. Замена вещественной части системы на полевую

4.10. Закон перехода в надсистему

4.10.1. Формулировка закона и
основные направления
образования надсистем

4.10.2. Образование и развитие
би-систем

4.10.3. Образование и развитие
поли-систем

4.11. Закон увеличения степени идеальности

4.11.1. Формулировка закона и
основные понятия_

4.11.2. Возникновение
потребности и связанный с
этим процесс увеличения
ГПФ

4.11.3. Развертывание вещества в
технической системе

4.11.4. Свертывание систем -
общий вид процесса

5. ОБЩАЯ СХЕМА РАЗВИТИЯ ТС

1. ВВЕДЕНИЕ

Основной постулат ТРИЗ - об
относительной независимости
процессов создания новых
технических систем от желаний
человека - сегодня уже не вызывает
столь горячих возражений как это
было еще совсем недавно. Но до сих

пор, надо признать, в научной и инженерной среде очень широко распространено мнение о сугубо личностном (индивидуальном) влиянии на характер прогрессивных изменений в технике:

"Я изобретаю (проектирую, делаю) эту техническую систему, поэтому все зависит от моего желания: хочу сделаю так, хочу - придумаю иначе, - талант все может!..."

Из трех миров человеческого творчества - науки, техники, искусства - наука первой лишилась ореола личностной исключительности. Частью элементарной культуры

современного исследователя является аксиома о том, что наука изучает объективные закономерности и, следовательно, независимо от того, кто их открывает, правильно установленные закономерности всегда идентичны, хотя и могут быть по разному выражены (одно и то же содержание в разной форме). То есть путь развития науки предопределен, и ни один человек не может его изменить. В отличие от исследователей, многие изобретатели даже не подозревают о существовании каких-либо закономерностей в развитии техники.

Между тем, смысл творчества в науке и технике очень близок: цель науки - добыча знаний о свойствах материи, цель техники - использование этих свойств на удовлетворение потребностей человека и общества . Таким образом, техника - это овеществление знаний, поставляемых наукой. Свою единственную и главную задачу современная цивилизация видит (и даже планирует ее на перспективу - приходится констатировать это!) в преобразовании среды обитания, в подстраивании ее под себя, в создании "буферной", безопасной,

искусственной прослойки (второй природы) на основе объективных научных данных. Без техники этого не достичь. Развитие техники, как составной части поступательного развития цивилизации, есть естественно-исторический (объективный) процесс, которым управляют законы, не только не находящиеся в зависимости от воли, сознания и намерения человека, но и сами определяющие его волю, сознание и намерения.

В объективной реальности идут два противоположных процесса, две эволюции:

- эволюция рассеивания, деградации, распада - то есть от сложного к простому, энтропийная эволюция (открыта Клаузиусом и Больцманом и сформулирована во втором начале термодинамики);

- эволюция жизни, развитие и самоорганизация живого вещества планеты - то есть от простого к сложному, негэнтропийная эволюция (открыта и сформулирована Дарвином).

Техноэволюция - составная и неотъемлемая часть второго типа эволюционного развития.

Познание хотя бы части техноэволюции многократно облегчит человечеству достижение поставленных целей.

Закономерности естественной эволюции материи, устанавливаемые наукой, всегда приносили обильные плоды: теория Дж.К. Максвелла, Периодическая система Д.И. Менделеева, структурная теория А.М. Бутлерова и множество других приводили к скачкообразному развитию в своей области знания.

Законы развития искусственной среды (техноэволюции) нащупать сложнее, поскольку они не имеют аналогов в естественных науках, так как представляют собой качественно иной системный уровень. Этот уровень выше, по крайней мере, законов неживой природы, но полностью опираются на них; точнее: законы техники являются как бы равнодействующей законов природы, или второй производной от них.

В противоположность сугубо личностной оценке изобретательства существует иная, но такая же крайняя, точка зрения: техника

развивается сама, без участия людей; если люди и играют какую-то роль в развитии техники, то не большую, чем в природе пчелы, переносящие пыльцу с цветка на цветок. Но так ли однозначно predetermined ход техноэволюции, движущейся по своим слепым, загадочным и таинственным законам?

И да, и нет. Человек может обрубить какую-то ветку в развитии техники (например, в вооружении), может переориентироваться для каких-то целей развития с одних машин на другие, может какое-то время идти в технике вспять или намного опережать науку. Но человеку не под

силу изменить естественные законы. Например, открытая еще в восемнадцатом веке способность света выбирать себе путь через различные среды так, что время прохождения оказывалось минимальным (принцип Ферма), заставит соответствующим образом конструировать, например, оптические приборы. И самое главное: если просмотреть всю историю развития той же оптической техники, то можно заметить некоторую упорядоченность, или закономерность, в ее развитии. Но наиболее удивительные результаты

вы получите сделав следующий шаг:
сравнивая линии развития
нескольких (желательно различных,
непохожих друг на друга)
технических систем - вы увидите
некоторые общие закономерности
развития техники. Можно пойти
далее - попытаться
проанализировать развитие всей
техники и выдвинуть концепцию
всеобщей модели техноэволюции. В
сущности, это и есть основные идеи
методологии исследования
закономерностей технического
развития. Идеи эти просты и
понятны. Очень близкое суждение
высказывал еще А.П. Чехов:

"Можно собрать в кучу все лучшее, созданное художниками во все века и, пользуясь научным методом, уловить то общее, что делает их похожими друг на друга и что обуславливает их ценность. Это общее и будет законом. У произведений, которые зовутся бессмертными, общего очень много..." (Из письма А.С.Суворину от 3 ноября 1888 года).

Поясним только, что "*бессмертными произведениями*" в технике будут эвристически сильные изобретения, обеспечившие качественный скачок в развитии своей технической системы.

Итак, технику создает человек, тем самым она субъективно определена (задана) человеком. Но все развитие общества - объективный исторический процесс. А так как субъективные действия людей не всегда согласуются с объективными законами развития, то жизнеспособными и полезными оказываются только те результаты человеческих действий, которые выражают объективно существующие закономерности.

Ясно, что знание законов развития технических систем позволит сэкономить большое количество сил,

энергии и времени. Главное же заключается в том, что появятся предпосылки хотя бы частичного осуществления извечной мечты человечества: управлять природными и общественными процессами на основе реального долгосрочного прогноза. Как говорил один из героев Булгакова:

"Виноват, - мягко отозвался неизвестный, - для того, чтобы управлять, нужно, как-никак, иметь точный план на некоторый, хоть сколько-нибудь приличный срок. Позвольте же вас спросить, как же может управлять человек, если он не только лишен возможности составить какой-нибудь план хотя бы на

смехотворно короткий срок, ну, лет, скажем, в тысячу, но не может ручаться даже за свой собственный завтрашний день?..."

Существуют ли принципиальные естественнонаучные запреты на долгосрочные прогнозы? Напротив, есть блестящие примеры. Так, К.Э. Циолковский создал систему прогнозов выхода человечества в космос - всего 16 пунктов, и первые 11 уже осуществились. Предвосхитив потребности человечества, с учетом довольно простых физических и астрофизических закономерностей он выбрал единственно возможную поэтапную космическую дорогу

нашей цивилизации - иного пути не могло быть.

2. ВОЗНИКНОВЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ТЕХНИКИ

2.1. Неизбежность возникновения техники

2.2. Схема развития орудий производства

2.3. Примеры из истории техники

2.3.1. Мельница

2.3.2. Изготовление волокнистых веществ

2.3.3. Карандаш

2.3.4. Изобретение книгопечатани

2.3.5. Зарождение системы связи

2.3.6. Возникновение и развитие
паровой машины

2.3.7. Колесо телеги

2.3.8. Поморский коч

2.1. Неизбежность возникновения техники

Возникла техника одновременно с образованием человеческого общества, она порождена человеком, она служила ему средством освобождения от рабской зависимости от природы и средством

удовлетворения его биологических и социальных потребностей. Но одновременно техника и формировала нового человека, создавала предпосылки для появления новых потребностей. При этом, в отличие от животных, потребности человека имеют тенденцию к постоянному возрастанию (смысл этой неограниченной экспансии человека, эгоизм цивилизации пока еще никто не объяснил...). Потребности чрезвычайно активны. Пока они не удовлетворены, человек недоволен самим собой. Мир не удовлетворяет человека и человек решает изменить

его. Для этого в какой-то момент истории становится недостаточно только человеческих сил, нужны иные, дополнительные средства, умножающие производительные силы человека.

На ранних этапах развития культуры производительные силы ничтожны. Но таковы же и потребности, развивающиеся вместе со средствами их удовлетворения. Потребности ограничены главным образом добыванием пищи. Растительная пища добывалась руками, иногда с помощью камней и палок удлиняющих руку. С ростом населения стал ощущаться

недостаток этого вида пищи и человек вынужден был начать охотиться и разделывать туши убитых животных, но для этого ему не хватало естественной силы органов. Появилась потребность в орудиях увеличивающих возможности человека. Так были найдены в окружающей среде предметы, у которых раскрылись нужные для человека функции: заостренные палки, осколки камней с острыми краями. Но эти предметы ломались, тупились, терялись. Необходимо было искать, запасать, подправлять естественные орудия - возник процесс изготовления средств труда.

Это и есть первый момент возникновения техники .

Образующаяся социальная система сама, собственными потребностями создавала недостающие ей органы из элементов окружающей природы. Человек раскрывал свойства предметов, постепенно накапливал знания и начал целенаправленно их использовать. Так, для изготовления орудий годились камни только группы кварца они были твердыми (почти как алмаз) и легко раскалывались на пластины с острыми краями. Вместе с орудиями труда развивалась рука, особенно кисть.

К началу ледникового периода (100 тыс. лет назад) появились первые оседлые поселения у воды, на опушках леса, в пещерах и гротах. Климат становился все холоднее, с севера спускался ледник - надо было защищаться от сильнейшего удара природы. Человек начал

использовать огонь, перенесенный на стоянку с лесных пожаров, научился поддерживать его. Костер обеспечивал защиту от холода и сырости, от ночных нападений хищников. Варка и поджаривание мяса и овощей сократили процесс жевания и пищеварения.

Уменьшились челюсти, быстрее стал

развиваться мозг. Высвободилось больше времени и энергии для активного проявления жизни.

Человек впервые использовал для своих нужд даровую энергию из окружающей среды. Использование огня как способа превращения химической энергии в тепловую, было следующим, после каменных орудий, крупнейшим шагом в развитии общества. А изобретение способа добывания огня (высечением, высверливанием) окончательно отделило человека от животного царства. Это было выдающееся изобретение, оно ознаменовало собой момент

окончательного формирования человека разумного (40-30 тыс. лет назад). К этому времени технология изготовления каменных орудий достигла совершенства. Ее развитие шло в направлении увеличения полезной функции орудий труда: придания удобной для работы формы и заострения режущей кромки. Были изобретены первые составные орудия: дротик (палка с каменным наконечником) и топор. Попутно был изобретен способ крепления топора к рукояти с помощью узла (петли) из кожаных ремней. Топор стал одним из основных орудий первобытного человека.

Археологов издавна удивляла особенность исторических находок: они находили одни и те же орудия на всей заселенной территории земного шара. И это не случайность. У разных групп первобытных людей возникали одни и те же потребности, а их реализация основывалась на одних и тех же предметах из природной среды. Точно так же, изменения Земли, как космического тела, принуждали человека приспособляться, искать выход в изобретательности. Одинаковые противоречия между человеком и природой разрешались (путем проб и ошибок) одними и теми же

способами.

Итак, причина возникновения и развития техники заключена в противоречиях между целями (потребностями) и средствами для воплощения этих целей в деятельности человека. Если такого противоречия нет, если общество удовлетворяется ранее созданными средствами для достижения поставленных целей, то ничто не заставит людей взяться за создание новой техники в любой области деятельности. Однако такой ситуации еще ни разу не возникало в истории цивилизации (человек никогда не удовлетворялся

достигнутым). Противоречия всегда были и нет причин сомневаться в том, что они не будут в будущем - этот тип противоречий следует отнести к "*вечным*": при его разрешении оно тут же воспроизводится на другой ступени развития. Противоречия нарастают, обостряются и разрешаются. Любое разрешение противоречия требует каких-либо изменений: приспособление и развитие самого человека (прямохождение, развитие кисти, мозга), преобразование окружающей природной среды (сельскохозяйственное использование, животноводство,

строительство сооружений), изменение общества (социальных структур, связей, функций и ориентиров) или "*дотраивание*" (расширение функциональных возможностей) человека и общества путем создания искусственных технических "органов".

2.2. Схема развития орудий производства

Что есть техника, технические системы? Топор, лук, телега - технические системы? Ветка, палка, дубина? Прежде, чем ответить на эти вопросы, изложим кратко историю появления и развития орудий

производства в человеческом обществе. Если суммировать известные на сегодня сведения и представления о возникновении и эволюции техники на всем протяжении истории человечества и изложить ее в ТРИЗовской интерпретации, то получится схема, изображенная на рис. 1.

1. Первыми средствами воздействия на предметы труда были органы тела человека : добывание и разделывание пищи, рытье ям, кладка стен из камней. Сооружения - самая простая форма орудий производства с пассивной функцией, они возникли в

результате естественной жизни людей (тропинки, дороги), затем возводились целесообразно (строения, курганы, пирамиды).

*Рис. 1 . Схема развития орудий
производства*

Сооружения есть и у животных: плотины и каналы у бобров, гнезда птиц, логова животных.

Затем человек " удлинил ", " усилил " свои органы тела с помощью различных естественных объектов.

*2. Использование первых попавшихся
под руку природных предметов .*
При строительстве своих жилищ

(шалаши, землянки, пол у землянки) человек использует ветки, шкуры, кости, камни.

3. *Специально подобранные вещества и предметы* для выполнения широкого класса функций (острая кость, палка, отщеп от камня). Это важный период: происходило уяснение меры соответствия свойств природных веществ целям труда.

4. *Обработанные природные материалы с выделенной (усиленной) функцией*. Начался подбор материалов к конкретным процессам труда. Рубило, скребло,

кожаные ремни, костяные плоски, кожаные мешки, корзины из лыка, веток, камыша. Смысл этого периода познание свойств материала и их использование для выполнения нужных функций (пункты 2, 3, 4 схемы):

Рис.

5. Простейшие орудия труда, специально изготовленные технические элементы, утварь, инвентарь . Эти орудия труда еще не были специализированными и применялись для любых целей: рычаг, ступка, каменные скребки, ножи, сверла, бойки. Способы

обработки: рубка, сверление, пиление, шлифование. Главная особенность орудий труда - четко выделенная рабочая часть (зона), которая впоследствии превратится в рабочий орган (РО). **Технические элементы** : рычаг, каток, ось, колесо. **Утварь, инвентарь** : посуда, жилище, плот, долбленая лодка, лыжи, сани .

Началось ускорение специализации орудий труда - за счет выделения и усиления одной полезной функции. Это привело к обособлению **первого элемента технических систем - рабочего органа** . С этого момента можно отсчитывать время

существования *техники, как феномена человеческого общества* .

Пункты 1-3 схемы полностью присущи и животному миру. Пункт 4 - уникальный период в истории земной жизни, он свойственен только человеку разумному: человек научился использовать и добывать огонь . Однако орудия труда находятся в зачаточном состоянии. И только период, соответствующий пункту 5 схемы, можно уверенно отнести к началу техники.

6-7. Инструменты -
специализированные, а значит и более разнообразные, орудия труда

, - возникли приблизительно 10 тыс. лет назад из моновещества с зонированными (четко выделенными) частями: зона рабочего органа (острие), зона трансмиссии (рукоятка). Цель появления инструментов - целенаправленное эффективное преобразование предметов труда (превращение природного материала или предмета в изделие). Кремневые ножи, резцы, сверла, проколки, шилья, костяная игла .

Первые сочлененные инструменты (каменный боек плюс костяная или деревянная оправа) держались плохо, были непрочны, разваливались.

Сочлененные инструменты: резцы и ножи в оправе, стрела и копье с наконечником, серп - большой составной нож с каменными вкладными лезвиями. *Первый настоящий составной инструмент - топор* . Появление составных инструментов (дробление вещества на отдельные части и их стыковка иным способом) явилось важным шагом к началу структуризации объектов, появлению связей между элементами. *Главная особенность этого процесса: расщепление (дробление) функции, с последующим подыскиванием и изобретением более эффективных*

способов выполнения этих частичных полезных функций, с получением дополнительного выигрыша в основной функции при соединении элементов в единое целое.

Например, тяжелый топор (увеличение полезной функции) невозможно было закрепить защеплением в деревянной оправе, поэтому появился третий элемент - кожаные ремни. Но ремни плохо держались, распускались. *Сильное изобретение того времени - узел - способ затягивание кожаной петли.*

Наиболее удачными сочетаниями элементов были такие, где их свойства взаимно дополнялись.

Например, первая посуда - плетеные корзины и кувшины плохо держали воду и их нельзя было ставить на огонь. Случайно обнаружилось, что обмазанные глиной корзины намного прочнее, водонепроницаемы и огнестойки. Здесь деревянная сетка (каркас) играла роль арматуры, скрепляющей глину, а глина предохраняла дерево от разрушения. И только потом обнаружилось, что от огня глина становилась еще прочнее, даже при сгораемом внешнем каркасе, поэтому

постепенно перешли на

бескаркасное изготовление глиняных изделий.

8-11. *Технические системы - инструменты с двигателем* . Это технические объекты, состоящие минимум из трех частей: рабочий орган (РО), трансмиссия (Тр), двигатель (Дв). Четвертый элемент - орган управления (ОУ) чаще всего включает человека. Пятый элемент - источник энергии (ИЭ); им может быть человек, животное, природные силы, а также естественные и искусственные физ-, хим-, биопроцессы.

Первые ТС - мельница, лук, телега, часы, весы.

2.3. Примеры из истории техники

2.3.1. Мельница

Любая ТС имеет длительную предшествующую историю.

Например, мельница:

- потребление сырого зерна,
- размоченное зерно,
- разваренное,
- пробивное (камнем, в ступе),
- размолотое растиранием
вручную (ручной жернов),

то же, с помощью силы животных, природных сил.

2.3.2. Изготовление волокнистых веществ

Многие из современных ТС прошли все этапы развития техники.

Например, процесс изготовления волокнистых веществ:

- использование стебельных растений, конского волоса, жил животных, лыка деревьев в качестве средства крепления,

- скручивание руками (вить веревки) без инструментов (кнуты из конопли и т.п.),
- ссучивание ниток из волокон вручную без приспособлений,
- ссучивание ниток с помощью палочки,
- прядение с помощью веретен руками,
- самопрялка, которую крутили рукой с 12-13 веков,
- самопрялка с рукояткой,
- ножная прялка Юргенса, 1530 год,
- современные развитые формы самопрялки,
- станок Джени,

- прядильные машины,
- автоматические прядильные машины.

2.3.3. Карандаш (и другие средства для рисования, письма).

Историю развития карандаша можно представить так:

- далекий предок - головешка от костра ,
- в древности: свинцовый стерженек - штифт - оставлял мягкий бледно-серый след на листах пергамента; для текста бледноват, им только размечали

строки; более темную черту оставлял штифт из двух частей свинца и одной части прокованного молотком олова; со временем под действием кислорода воздуха линия темнела, при желании легко удалялась мякишем хлеба или пемзой (ластик изобрели в 18 веке),

- аристократы использовали серебряный штифт , темно-серая черта коричнедела при окислении, стереть мякишем или пемзой невозможно, поэтому рисовали только

безошибочно (великие мастера, например, Л.да Винчи)

● минеральные штифты :
древесный уголь. Один из рецептов: возьми ивовые палочки, обстрогай и очини с обоих концов, положи в горшок, замажь крышку глиной для герметичности, поставь в печь с вечера до утра... Уголь плохо держится на бумаге. Как только не пытались бороться с этим недостатком! Предварительно покрывали бумагу водным раствором клея и высушивали. После того, как листы были исписаны или разрисованы, их

держали над паром. В результате клеевой слой увлажнялся и впитывал уголь, а после высыхания текст или рисунок был уже хорошо закреплён;

- 15 век, в Пьемонте был найден "черный камень", "черный мел" (тюркские корни: "кара" чёрный, "даш" камень), внедрение было молниеносным и... месторождение быстро иссякло. За ним "исписали" месторождения в Тюрингии и Андалузии...;

- в Париже залежей не было, поэтому изобрели смесь: белая глина + черная сажа .

Получили так называемый парижский карандаш (" соус "), он был чернее итальянского, меньше царапал бумагу;

- Л. да Винчи нашел сантину - "красный мел" - природный каолин, окрашенный окислами железа;

- если есть черный и красный мел, почему не сделать цветной? Франция, 15 век, изобрели пастель - мел с

добавками пигментов: мел + пигмент + жиры или гуммиарабик или сок смоковницы), выкатывали на мраморной плите, сушили - получались один мягче, другой тверже;

- то в одной, то в другой стране находили залежи графита . В 16 веке - случайное открытие в Англии, в яме от вывороченного бурей дерева. Крестьяне стали метить графитом овец, корзины. Некто наладил продажу в Лондоне графитовых палочек, обмотанных бечевой. Король

издает указ: добычу
производить только 6 недель в
году, дабы месторождение не
истощилось, за вывоз из
Англии - смертная казнь.
Месторождения хватило на 200
лет...

- изобрел карандаш чех Й.
Гартмут, владелец фабрики по
изготовлению лабораторной
посуды. Рассматривая одну из
чашек-тиглей он уронил ее и
отлетевший осколок оставил на
бумаге четкий черный след. Он
выяснил, что в глину добавляли
графит. Проведя эксперименты
он установил лучшие

соотношения, так появились знаменитые пишущие стержни "кох-и-нор".

Независимо от него карандаш изобрел француз Н.Конте, в 1790 году. Он предложил помещать стержень в деревянную оболочку.

Сейчас существует 21 степень твердости карандаша. В РФ принята градация от 6 Т (68% каолина) до 6М (80% графита, 20% каолина, пектиновый клей).

Для упрощения технологии и повышения прочности необходимо заменить каолин синтетической

смолой - возрастет пластичность
стержни можно делать тоненькими,
не требующими заточки 0,5 мм
(делают в Японии), у нас - 1,2 мм.

По пат. РФ 671 712, выданному
японской фирме, пишущий стержень
непрерывно экструдировать и
непрерывно сверху экструдировать
оболочку из пластмассы, затем
нарезают на отдельные карандаши;
стержень состоит из эпоксидной
смолы, графита, стеарата кальция,
оболочка - вспененный полистирол.

Когда-то выпускался "химический"
карандаш, который правильно
называется "копировальный", для

заполнения документов под копирку. Перьевая ручка не давала требуемого усилия для продавливания, но оставляла нестираемый след, карандаш давал возможность продавить все слои, но легко стирался. "Химический" карандаш - с добавлением красителей (эозин, родамин, аурамин), которые начинали растворяться при малейшей влажности, проникали вглубь волокон бумаги.

А.с. 11 575 (1928 год): приспособление для смачивания стержня химического карандаша (рис. 2 а); на карандаше крепится резиновый резервуар с водой, которая самотеком или при надавливании

пальцем смачивает через накладку из КПМ (капиллярно-пористого материала) стержень карандаша. Прообраз пишущего инструмента, который еще не изобретен: писать должна "палочка", смачиваемая водой, например, из окружающего воздуха...

И все же по четкости, тонкости и долговечности следа карандаш несравним с устройствами для письма чернилами.

Прообразом пера были стержни - клинышки для письма по сырой глине, которыми пользовались писцы древней Ассирии и стилосы (заостренные палочки), которые

использовались в Древней Греции и Риме для письма на восковых дощечках.

Самый древний рецепт чернил принадлежит египтянам - смесь сажи и масла для письма на папирусе. Такой же состав использовался в Китае две с половиной тысячи лет назад.

Египтянам же принадлежит и первое устройство для письма (весьма напоминающее современный фломастер), найденное в гробнице Тутанхамона: медная ручка со вставленной в нее свинцовой заостренной трубочкой; внутри

трубочки находилась тростинка, заполнявшаяся чернилами, которые просачивались по волокнам стебля, накапливались на заостренном конце и при письме оставляли четкий след на папирусе.

*Рис. 2 . Развитие средств для письма
(2а-2и)*

Уже в 3 веке до н.э. в Греции и Риме применялись несколько типов чернил. Из пурпура и киновари делали красные " придворные чернила ", которыми писались только государственные документы (чернила строго охранялись специальной стражей). Черные

чернила делались из черной краски для живописи, сажи, из плодовых косточек, виноградной лозы, древесного костяного угля.

Столетием позже чернила изготавливались из отвара коры дубильных растений. Впоследствии эти два типа черных чернил на Руси назывались "*чернилами копчеными*" и "*чернилами вареными*".

В 16 веке изобрели *железные чернила* (известны до сих пор). Для их изготовления использовали ольховые корни, кору, ореховую или дубовую кору, чернильные орешки (патологические наросты на листьях различных растений) из этого варили

" *чернильное сусло* " и опускали в него куски железа, ненужные железные вещи и пр. Для упрочнения чернил (чтобы они не " *брели* *сквозь бумагу* ") добавляли камедь (вишневый клей), а для снижения вязкости - квасцы, имбирь, гвоздику. На приготовление чернил уходило 2 недели.

В 18 веке стали применять *железный купорос* - это резко повысило скорость приготовления чернил.

Секрет получения чернил был понят после открытия дубильных кислот и окончательно расшифрован химиком К.Б.Шееле в 1876 году. Он установил,

что при варке из ольховой коры в воду поступают дубильные кислоты, с которыми железо дает закисные железистые соли. Раствор слабо окрашен, но при высыхании железо окисляется и темнеет. Образуется окись железа, нерастворимая в воде и устойчивая к свету. С тех пор было изобретено множество рецептов чернил, включая " вечные " (ванадиевые, Берцелиус) и невидимые. Однако принципиально новые составы появились лишь при изобретении шариковых ручек , автоматических самописцев , принтеров ЭВМ.

После египетского "*фломастера*", который был прочно забыт, веками по пергаменту и бумаге скрипело упругое *гусиное перо*. При подготовке к письму перо очищали в раскаленном песке, обрезали, затачивали. Количество пишущих быстро увеличивалось, перьев требовалось все больше, а из гусиного крыла годилось для письма всего 2-3 пера. Появились способы экономии перьев: их разрезали на несколько частей и каждую из них затачивали. Перо нужно было часто макать в чернила, что отнимало время и отвлекало. Придумали даже нечто, напоминающее *авторучку* :

металлическая трубка, заполненная чернилами, у которой с одной стороны заглушка, а с другой гусиное перо.

Создателем *металлического пера* (конец 18 в.) был слуга аахенского бургомистра Янсена. Заботясь о своем хозяине, он изготовил перо из стали. Перо не имело прорези, поэтому брызгало и писало без нажима. С изобретением стального пера с прорезью качество письма резко улучшилось и популярность металлических (сталь, серебро, золото) перьев оказалась вне конкуренции.

Существует большой класс изобретений по улучшению перьевых ручек. Приведем наиболее характерные технические решения из российского фонда изобретений (МКИ, кл. В43К).

А.с. 96 (заявлено 7.12.1917 год, выдано 28.02.1925 года): перо для письма, в котором с целью увеличения на нем запаса чернил и уменьшения скорости их высыхания (рис. 2 б) закреплена с помощью эластичного кольца пластинка, которая образует с желобом пера конусообразную трубку (чернила удерживаются в большем количестве).

А.с. 3 157 (1925 г.): ручка для двух поочередно употребляемых перьев

представляет собой трубку, из которой высовывается то одно, то другое перо.

А.с. 3 837 (1925 г.): наконечник к ручкам для письма, в котором для увеличения количества набираемых чернил, а значит и сокращения времени на отвлечение внимания пишущего, наконечник выполнен в виде пластинки с желобками; сеть желобков за счет капиллярного эффекта захватывает значительно больше чернил.

А.с. 78 018 (1949 г.): перо для письма - для удержания большего количества чернил имеет загнутые внутрь лапки в виде лепестков с мелкими отверстиями (рис. 2 в).

А.с. 79 542 (1947 г.): насадка к перьям - для удержания чернил (рис. 2 г), прикрепляется к перу со стороны вогнутой части, снабжена поперечными гофрами и отогнутыми крючками.

А.с. 86 509: перо с запасом чернил - снизу укреплена трубка, в которой фитиль из губчатого материала со скошенным концом (рис. 2 д).

В приведенных изобретениях заметно явное стремление увеличить полезную функцию - удобство и продолжительность непрерывного письма. Кроме рабочего органа (пера) и трансмиссии (ручки) начали появляться новые подсистемы.

А.с. 4 955 (1926 г.): ручка для пера с резервуаром для чернил.

А.с. 5 974 (1927 г.): то же, резервуар заполнен пористым материалом (губкой).

А.с. 8 176 (1927 г.): трубчатое перо с резервуаром для чернил, закрывается

колпачком.

А.с. 8 223 (1928 г.): перо с резервуаром для чернил, который образуется из двух половинок самого пера и нижней откидывающейся частью.

Обнаруживаются недостатки у пера - в частности, истираемость кончика, поэтому для увеличения полезной функции нужна дифференциация свойств материала:

А.с. 12 642 (1927 г.): способ получения на золотом пере наконечника из осмистого иридия (для автоматических ручек).

Все шло к появлению, а затем и развитию автоматической ручки:

А.с. 24 268 (1929 г.): автоматическая ручка для пера с резервуаром для чернил; при нажатии кнопки шприц выталкивает каплю на перо и, возвращаясь под действием пружины, всасывает новую порцию чернил из резервуара.

Автоматическая ручка, превратившаяся в довольно сложную техническую систему, развивается за счет развития (увеличения полезной функции) своих подсистем. Совершенствуется, например, резервуар:

А.с. 66 214: резервуар для авторучки, в котором в целях автоматического засасывания наружного воздуха и для равномерного питания пера чернилами

верхний конец резервуара снабжен пробкой из КПМ.

А.с. 74 633: автоматическая ручка, в которой резервуар гофрированный растягивающийся цилиндр для набора чернил.

А.с. 198 956: то же, продольные гофры.

А.с. 906 354: перьевая авторучка со сменным баллоном.

Кроме резервуара развиваются и другие подсистемы:

А.с. 91 953: наконечник к авторучкам для жидких чернил, который имеет один канал, разделенный на две части, из которых одна для подвода воздуха внутрь резервуара, а другая для стока чернил к концу пишущего острия.

А.с. 94 422: то же, но с целью увеличения емкости канала и улучшения подачи

чернил к пишущему концу, воздушный канал совмещен с крепежной резьбой наконечника.

Предпринимаются попытки увеличения числа функций за счет совмещения нескольких ТС в одной:

А.с. 75 821: авторучка для письма чернилами разных цветов, у которой внутри несколько отдельных пишущих наконечников, выдвигаемых из корпуса.

По новому кругу идет развитие рабочего органа - пера, превратившегося в целую подсистему - пишущий узел:

А.с. 825 357: перо для письма, в котором вместо фигурной пластины с пишущим

острием и капиллярным чернилоподводящим каналом, образованным продольным разрезом (недостаточно надежная и сложная подача чернил, трудно получить необходимую жесткость пера) предложена пластина, имеющая продольную V-образную складку, внутренняя полость которой образует капиллярный канал (рис. 2 е).

А.с. 867 687: перьевая ручка с регулируемой шириной расщепла, содержит втулку с резьбой, которую вращают (это сокращает расход чернил при письме).

А.с. 941 225: пишущий узел перьевой авторучки, в которой для исключения неравномерной подачи чернил к кончику пера, подтекаемости, выброса чернил - предложен вкладыш из КПМ.

А.с. 1 076 321: то же, но втулка имеет переменное сечение.

Современный период характеризуется двумя тенденциями:

- "*интеллектуализация*" авторучки, резкое усложнение конструкции за счет введения электронных блоков, попытка увеличить полезную функцию путем тонкой и точной саморегулировки.

А.с. 1 214 495: авторучка, содержащая корпус, резервуар, пишущий наконечник с капиллярным каналом, электронный блок управления каплеобразования на выходе из наконечника, отличающаяся тем, что с целью повышения

надежности содержит электрический датчик силы, преобразователь напряжения в частоту с усилителем, трансформаторный выход, который соединен с пьезоэлектрическим преобразователем (трубчатый, поляризованный в радиальном направлении), в котором расположен капиллярный канал. Нажим пальцем внизу ручки на пластину датчика, срабатывает преобразователь (трубчатый), объем капилляра уменьшается, выталкивается капля из выпускного отверстия. При увеличении силы надавливания увеличивается частота выталкивания капель: от 0 до 2 кГц и более.

- появились первые признаки сворачивания этой ТС.

А.с. 1 250 478: инструмент Котова для письма (рис. 2 ж); письмо с использованием движения пальца руки (прототип пат. Франции 1 264 621).

Однако еще в самый разгар усовершенствований авторучки появилась новая техническая система.

Один из главных недостатков авторучки - кляксы. В 1938г. венгерский журналист и издатель Ласло Биро изобрел шариковую авторучку, взяв за основу быстросохнущую типографскую краску. Получив патент он перед началом войны уехал в Аргентину и в

40-х годах начал там серийное производство ручек. Находившийся в то время в Южной Америке англичанин Генри Мартин быстро оценил значение шариковой ручки. Шла вторая мировая война, и штурманы бомбардировочной авиации испытывали немалые сложности, делая навигационные расчеты в воздухе: традиционные перьевые ручки для этого не годились, так как при перепадах давления из них вытекали чернила, а работать карандашами было неудобно. За немалую сумму Мартин приобрел у братьев Биро право на выпуск шариковых ручек в Англии.

Переоборудовав заброшенный ангар, он начал их изготовление специально для королевских военно-воздушных сил. Скоро производство было налажено и в США. За один только год американские и британские штурманы получили 30 тысяч шариковых ручек.

21 октября 1945 года один нью-йоркский универмаг предложил шариковые ручки обычным покупателям. Успех был огромен. За день удалось продать 10 тыс. ручек, хотя стоила новинка недешево - столько, сколько американский промышленный рабочий получал за 8 часов. В 1948г. производством

шариковых ручек занялась известная фирма "Паркер".

Подлинно массовое производство, которое привело к быстрому падению цен на новинку, первой освоила французская фирма "БИК". Сегодня она ежедневно выпускает более 10 миллионов шариковых ручек.

Массовый выпуск подтолкнул к совершенствованию всех подсистем шариковой авторучки. Прежде всего, рабочего органа (шарика):

А.с. 77 080: пишущее устройство к автоматическим ручкам, в которой удерживающая шарик поверхность

имеет пазы для лучшего его смачивания.

А.с. 1 234 228: инструмент для письма, содержащий шарик, трубчатый корпус, резервуар для красителя (рис. 2 з), в котором для повышения надежности в работе и качества наносимых линий, шарик выполнен с углублениями в виде радиальных каналов, часть из них имеет конусообразное сужение к центру шарика, с диаметром входного отверстия больше, чем у остальных каналов. При вращении через освободившиеся от краски каналы поступает порция замещающего атмосферного воздуха. В зависимости от количества каналов с конусообразным сужением и их расположением получают орнаментированную несплошную

линию. Шарики могут быть различного диаметра, съемные наконечники.

Применение пасты вместо чернил со временем выявило недостатки, присущие только пасте. В патентном фонде есть множество технических решений по предотвращению образования в пасте воздушных пузырей, пробок. Первые шариковые ручки имели поршень в резервуаре, он осуществлял давление (пружиной или винтом) на пасту - подача к шарiku была равномерной. Однако, при прекращении письма происходило излишнее протекание пасты, необходимо было освобождать

поршень от действия пружины - это усложняло конструкцию.

А.с. 85 680: для упрощения поршень работал лишь под атмосферным давлением, так называемый плавающий поршень.

Были попытки заменить пасту чернилами:

А.с. 80 986: шариковая ручка для обыкновенных жидких чернил (не нужны специальные чернильные пасты); но это изобретение - от бедности, не было отечественной пасты. Хотя решение, в целом, прогрессивно - при использовании чернил требуется меньшее усилие при писании.

Начали появляться новые
подсистемы:

А.с. 1 164 072: авторучка, содержащая трубчатый резервуар с электрическим нагревательным элементом, контактирующий с поверхностью письма элемент, отличающаяся тем, что с целью увеличения надежности в работе, трубчатый резервуар выполнен в виде трехслойного (средний слой электропроводящий), содержит источник тока.

Прототип этого изобретения - пат. США 3 725 284, в котором электронагрев снаружи стержня; стержень при этом плохо прогревается при низких температурах, конструкция ненадежна;

включение осуществляется поворотом колпачка.

Разработано множество составов паст. Главные требования к пасте противоречивы:

- паста в шариковой ручке должна не застывать минимум год, а попав на бумагу (20-30 с.) - ВЫСОХНУТЬ;
- паста должна быть жидкой, чтобы хорошо смачивать шарик и оставлять четкий непрерывный след на бумаге, и в то же время должна быть густой, чтобы она не вытекала из ручки в нерабочем

положении (когда она висит, лежит);

- записи, сделанные пастой должны длительное время не выцветать, не изменять свой цвет, не осыпаться.

Одно из удачных решений: использование олигомерных составов (промежуточное положение между мономерами и полимерами), они достаточно жидки, а попав на бумагу, быстро полимеризуются и химически связывают красители ("Химия и жизнь", № 8, 1980, с.47).

"Интеллектуализация" не минула и шариковую ручку:

А.с. 1 113 281: шариковая авторучка, которая для расширения функциональных возможностей содержит электромеханический преобразователь, датчик тактильной чувствительности и тактильную ячейку в виде прямоугольной матрицы Брайля; электромеханический преобразователь (пьезокерамические стержни) с частотой 210-220 Гц. Для слабовидящих - запись в виде кода Брайля.

Как и всякая ТС (и в первую очередь ТС близкие человеку), шариковая ручка адаптируется к руке, в

частности, в процессе динамизации появляются гибкие конструкции:

А.с. 1 202 902: шариковая авторучка, у которой кончик стержня вместе с трубчатым пластичным корпусом может изгибаться (при ввинчивании колпачка) на угол такой, чтобы всегда был угол 90 град. к поверхности письма (наилучшее рабочее положение шариков в зависимости от анатомического строения кисти руки).

Одно из решений, к которому часто возвращались - замена пасты жидкими чернилами. Это не случайно: шарик легче крутится в чернилах, а значит рука устает не так быстро и пишется легче (почерк лучше). Шариковая ручка появилась

как альтернатива "чернильным ручкам", поэтому в прямом виде такой возврат не произошел.

"В недрах" старой ТС зародилась и быстро развилась новая система - фломастер. Прообразы этого устройства можно найти и в системе карандаш ("химический"), и в перьевых ручках (использование КПМ), и в авторучках (запас жидких чернил), и в шариковых ручках (корпус + пишущий стержень, заостренный конец).

Приведем лишь два характерных изобретения:

А.с. 294 305 (пат. РФ, японская фирма): пишущий наконечник для авторучки (фломастера) - был стерженек с продольными канавками снаружи, предложено - внутренний капиллярный канал 0,02-0,04 мм с радиальными каналами и поперечными кольцевыми канавками.

А.с. 1 158 382: прибор для письма, содержащий корпус, резервуар для красителя, насадок с капиллярным каналом для выхода красителя, и средство для выброса красителя через насадок, отличающийся тем, что с целью повышения качества письма и удобства пользования, средство для выброса выполнено в виде намотанного на резервуар металлопленочного конденсатора, одна обкладка которого

через выключатель связана с насадком. От внешнего источника заряжают конденсатор. Под действием электростатических сил краситель выталкивается из капиллярного канала наконечника насадка, одноименно заряженные частицы красителя отталкиваются. Толщина линии зависит от зарядного напряжения.

Появление ЭВМ и быстро печатающих устройств потребовало изобретения принципиально новых способов автоматического письма. Например, одно из первых изобретений:

А.с. 147 105: перо для осуществления записи на термической бумаге (рис. 2 и):

рабочая часть в виде петли
токопровода, защищенной керамикой.

И одна из последних разработок
Института кибернетики АН УССР
("НТР: проблемы и решения", № 3,
1988, с.2) - сверхскоростной способ
письма. ТС пишет обычными
чернилами на обычной бумаге. Но в
"новой ручке" нет ни шарика, ни
пера, ни стержня, которые имели бы
механический контакт с бумагой.
Эффект письма достигается тем, что
устройство выстреливает капли
чернил объемом в несколько сот
кубических микрон со скоростью до
10 тысяч капель в секунду. Поэтому
скорость письма достигает огромной

цифры: 8-12 м/сек.

Производительность устройства возрастает в десятки раз, добавим к этому еще возможность получения цветных изображений.

2.3.4. Изобретение книгопечатания

Изобретение книгопечатания (С.Наровчатов, "Наука и жизнь", № 5, 1972, с. 76-84) - революция в распространении знаний и в обмене информацией.

Идея, предшествовавшая изобретению книгопечатания, возникла в незапамятные времена.

Еще до иероглифов и клинописи скотоводы клеймили животных (быков, коней): у каждого рода свой тавр. Печать от старославянского "*тавро*", "*выжженный знак*". Печать на товары купцов. Печать царя. Одно тавро на тысячи животных, одна печать на тысячи штук товаров... Почему бы с помощью такого приспособления не оттиснуть какой-либо важный документ (молитва, гимн, манифест)?

Древнейший первый письменный памятник, документ изготовленный способом штемпелевания на глине знаменитый диск из Феста (2-3

тысячелетие до н.э.), найденный на Крите. К сожалению, расшифровать текст никому еще не удалось.

Необходимость, общественная потребность, диктовали массовое применение штемпелевания и тиснения - например, монетные дворы. В Китае для копирования текстов, в условиях, когда переписчики знали лишь небольшую часть иероглифов (3-5 тыс. из 40 тысяч), а требовалось точное воспроизведение, копии делали на доске, вырезали иероглифы, наносили краску, накладывали бумажный лист и терли мягкой щеткой (6 век нашей эры). Гутенберг

сделал сильнейшее изобретение:
вместо неподвижных,
неизменяющихся китайских досок
(для каждого текста новую доску!)
применил подвижный запас букв для
печатания любых текстов.

До Гутенберга были известны только
два способа: штемпелевание (диск из
Феста), оттиск с досок (Китай).
Гутенберг объединил эти два
способа, хотя оттиск с досок и не
был ему известен. Крупнейшее
китайское изобретение - бумага -
быстро распространилось по миру:
дешевизна по сравнению с
пергаментом и папирусом. На первое
русское евангелие новгородского

посадника Остромира ушло целое стадо быков, коров и телят. Папирус рос только в долине Нила. Бумага изготовлялась из тряпок, веток, коры...

Оттиск с доски китайцев производился с использованием рыхлой бумаги (промокашка), поэтому краска пропитывала лист насквозь и не требовалось прибегать к зеркальному способу вырезывания знаков на доске.

Европа носила в средние века льняные одежды, а лен придавал бумаге плотность, гибкость, блеск и белизну.

Первая острая потребность в печатании возникла из-за игральных карт, занесенных в Европу крестоносцами с Востока. Игра молниеносно распространилась, а с ней и мошенничество из-за ручного изготовления карт (легко подделать) расплодилось много шулеров. Чтобы уменьшить возможность подделки, карты стали гравировать на металлических листках. Отсюда было легко перейти к получению оттисков вместо деревянных клише, кроме того, этим способом заинтересовалась церковь и пошли в народ потоки благочестивых картинок... Текст на картинках

писался от руки, очень кратко (убийство Авеля Каином и т.п.).

Серии гравюр сшивались и становились первыми пред-книгами .

Самые употребительные гравюры, например календари, печатались с текстом. Затем был широко напечатан учебник по латинской грамматике для всех европейских университетов.

Основная причина возрастания потребности в печатании книг - резкое увеличение грамотности населения к 15 веку. Торговля, бюргерство, судопроизводство потребовали большое количество

грамотных людей (знающих, умеющих быстро воспринять предшествующий опыт и современную информацию).

Главный смысл изобретения Гутенберга - подвижные буквы, вырезанные зеркально, можно набирать из них строки и с помощью пресса оттискивать их на бумаге, это было не сложно.

Первый шрифт Гутенберга - деревянный (не очень прочный материал). Поэтому он находит соотношение легко плавких металлов и изобретает сплав.

Из железа он вырезает модель выпуклой буквы - пуансон. Затем надавливанием пуансоном на более мягкий металл (медь) получается обратное вдавленное изображение буквы. Это матрица. Заливая матрицы легкоплавким металлом (свинец, олово) получают любое количество литер. Далее берется линейка с бортами - верстатка - и набирается из литер текст. Строки укладываются под пресс с заготовленным листом бумаги, нажали рукоятку - оттиск готов.

Книгопечатание быстро
распространилось по Европе. В 1469

году началось книгопечатание в Венеции. Один из венецианских владельцев типографии - Альдо, стремясь придать книге изящество и безукоризненность, изобрел четкий красивый рисунок шрифта - курсив. Он же учредил (изобрел) *издательство* . Огромные фолианты уменьшаются до томиков, доступных по цене многим. В издательстве он организует редакционный совет (30 писателей и ученых) для повышения качества книг. Совершенствуется бумага, шрифты, гравюры, переплет... Всего он выпустил за свою жизнь 153 книги.

К концу 15 века было напечатано 10 миллионов книг!! Из них дошло до нашего времени 40 тысяч.

В сущности произошла революция - массовое внедрение технического достижения. Резко возросла скорость распространения знаний, а с ними и гуманистических учений.

2.3.5. Зарождение системы связи (приема-передачи информации).

Возникновение потребности .

Потребность в передаче, приеме и анализе информации намного старше

человека, она появилась вместе с возникновением жизни: сначала в виде простого отражения изменений окружающей среды, затем с появлением и развитием адаптивных (приспособительных) механизмов появились датчики изменений среды, которые развились впоследствии в сложную систему органов по сбору и обработке информации. Долгий путь эволюционного развития жизни дал человеку две основные информационные системы - слух и зрение.

С появлением примитивных общественных отношений у неандертальцев возникла

потребность в обмене информацией между членами группы. Жесты, позы, простейшие звуковые сигналы уже не удовлетворяли потребность. Развилась речь - звуковой канал передачи информации, а значительно позднее - письменность и различные графические знаковые системы (например, рисунки), то есть оптический канал передачи информации. С развитием общественных отношений, с усложнением организации общества увеличивалось количество связей и требования к оперативности передачи информации. Несистематическая устная передача

информации, случайная циркуляция слухов, глашатаи на площадях и пр. - все эти прежде хорошо работавшие способы не могли обеспечить быструю и точную передачу, например, экстренных сообщений.

Главная полезная функция (ГПФ) будущей системы :

высококачественная (безошибочная) передача информации достаточного объема на большие расстояния с высокой скоростью .

Пояснение: это формулировка ГПФ системы связи, действовавшая на протяжении всей истории развития этой системы, действующая сейчас, и

эта же ГПФ будет действовать в будущем. По этой ГПФ можно безошибочно определить принадлежность той или иной ТС к связи.

Такая формулировка совсем не означает, что к прошлым ТС мы предъявляем сегодняшние требования: все дело в том, какие требования стояли за словами этой формулировки на каждом конкретном этапе развития. А стояли тогда весьма скромные по нашей сегодняшней мерке задачи. Но это отнюдь не означает, что и задачи были слабыми: открытие, например, многих электрических явлений было

более значительным событием, чем открытие лазера.

Синтез новой системы (пока еще не технической) .

Повсеместно появились гонцы - пешие или конные - для передачи устной или письменной информации. Системы гонцов возникали при главных лицах общественной иерархии. Но предел физических сил людей и животных сильно ограничивал скорость и расстояние передачи информации. Как ускорить? Тут-то и возникло первое противоречие в развитии системы связи: звук голоса движется

быстро (330 м/сек), но недалеко (десятки метров), а гонец движется медленно (5-10 м/сек), но далеко (несколько десятков км).

Первое изобретение, разрешающее это противоречие, появилось в Персии при царе Кире в 530 году до н.э. На определенном расстоянии друг от друга ставили людей и они передавали по цепочке сообщения. Юлий Цезарь описал подобную систему древних галлов: они могли передавать сообщения на расстояние 300 км за три часа (около 25 м/сек на сотни км). Использован прием объединения, образовалась поли-система. И прием увеличения, так

как уже существовала передача приказов в армии по цепи или по колонне.

Постепенно выявились недостатки этой системы: 1) звук сильно слабел с увеличением расстояния между звеньями цепи, требовалось слишком большое количество людей при передаче на большие расстояния; 2) низкая скорость приема-передачи в звене и ошибки в звеньях.

В 1670 году англичанин С.Морленд изобрел рупор - воронкообразную трубу из жести, стекла, латуни, меди, длина до 6 метров. Рупор концентрировал звук, собирал его в

пучок в одном направлении, слышимость до 1,5 мили. Это свойство было известно и ранее - в духовых музыкальных инструментах (" *иерехонская труба* ").

Параллельно развивалась система передачи информации без участия человеческого голоса: в Африке с помощью барабанов-тамтамов, в древней Греции - костры, в России - дым от костров на холмах и курганах. Плохо: только " *да* " и " *нет* ".

Система осталась только в маяке, светофоре. Затем в Древней Греции появилась факельная сигнализация: алфавит передавался факельными знаками. Эта система сохранилась до

20 века: морская флажковая сигнализация. Оптическая система передачи информации также имела недостатки: малый объем сообщений, низкая скорость передачи (долго составлять сообщение из букв). Однако, главное преимущество - неизмеримо более высокая скорость распространения света обусловило развитие именно этой системы.

Усовершенствовал систему оптической связи французский механик К. Шапп, который изобрел в 1789 году оптический телеграф. На башне располагалось устройство из подвижных черных (хорошо видимых

днем) планок. Переставляя планки можно было получить двести различных фигур. Шифр занимал 92 страницы по 92 слова на каждой. Телеграфист передавал сначала номер страницы, затем номер слова. Первая линия из 20 башен связала с 1794 году Париж с Лиллем. Скорость сообщения в обоих направлениях сначала составляла 45 минут, а со временем, при повышении квалификации телеграфистов достигла 6 минут. Телеграфом заинтересовался сам Наполеон и вскоре это устройство получило довольно широкое распространение.

Россия закупила такие устройства у фирмы " *Шанп* ", несмотря на то, что еще в 1794 году И.П. Кулибин изобрел более совершенную и удобную в обращении похожую систему, причем уже в том же году он демонстрировал модель такой " *дально-извещающей машины* ". Первые линии связали Петербург с Шлиссельбургом и Кронштадтом, а в 1839 году с Варшавой (1200 км).

Принципиально система Шаппа ничем не отличалась от предыдущих систем. Ей присущи были те же недостатки: зависимость от метеоусловий (дождь, ветер, туман),

малая скорость промежуточной приемо-передачи, множество ошибок при передаче на большие расстояния.

Что требовалось для увеличения ГПФ?

Исключить все промежуточные звенья, кроме первого и последнего, при сохранении между ними скорости передачи, равной скорости света. Заменить среду передачи сигнала (воздух), подверженную случайным мешающим влияниям.

- Г.В. Рихман (1711-1753), первый электрик России, сподвижник и друг М.В. Ломоносова. Изобрел прибор

под названием "*Утеха глазам*".

Включая в цепь электрический звонок, он обратил внимание на искры, проскальзывающие между молоточком и колокольчиком в момент удара. Разорвав проволоку на множество звеньев, он соединил места разрывов льняной нитью. В этих промежутках также проскакивали искры.

"Подобную цепь можно изогнуть и так укрепить, пишет изобретатель, чтобы она образовывала буквы. Отсюда легко понять, что возбуждая электричество, можно показывать буквы и разнообразные фигуры, способные доставлять утеху глазам"

("Техника-молодежи", № 1, 1987,с. 42-43).

- Электростатический телеграф, 1753 год, Шотландия, Ч.Морисон.

Электростатической машиной создается электрический заряд, который посылается по изолированному проводу в пункт назначения, для передачи буквенного текста между двумя пунктами берется столько проводов, сколько букв в алфавите. На станции приема этот заряд воспринимает шарик, который притягивает к себе бумажку с буквой.

- "Телефонное искусство", проект Х.Вольке соддержателя одного из

петербургских пансионеров, 1795 год.

Акустическая связь по трубам.

Проект связи между Петербургом и Кронштадтом демонстрировался Екатерининскому двору.

- "Телефониум", В.Судр, Франция, 1828 год. Механическое устройство для передачи звуков на расстоянии (молоток, колокол, металлическая труба для передачи звука). Подобное предложение: Ч. Уитстон, Англия, 1831 год.

- "Телефон", Е.Ромерсгаузен, Германия, 1838 год. Устройство для связи, основанное на способности

железнодорожных рельсов далеко проводить звук.

- "Шнурковый телефон", Р.Гук, 1667 год. Между двумя коробками натягивалась нитка (шнурок), нитка крепилась в дне коробки узлом, при натяжении нитки звук передавался от одной коробки к другой (дно коробок служило мембраной) - известная детская игрушка.

Дальнейшая история развития:

- изобретение Вольта (1800) источника электрического тока,
- электрический телеграф Земмеринга (1809), сигнализирующий

о передаваемой букве разложением
воды в ванночке у одного из 35
проводов,

- открытие Эрстедом (1820)
магнитного действия электрического
тока,
- электромагнитный телеграф
П.Л.Шиллинга (1828),
- первые пишущие телеграфы
Б.С.Якоби и С.Ф.Морзе (1837),
- буквопечатающий телеграф Д.Юза
(1855),
- изобретение телефона, радио...

2.3.6. Возникновение и развитие паровой машины.

Силу пара знали еще древние (Архимед, Герон Александрийский, Леонардо да Винчи). Герон более 2 тыс. лет назад изготавливал не только игрушки, приводимые в действие паром, но и создал паровую машину, открывавшую двери храма. Древние греки не использовали паровые двигатели только потому, что труд рабов был дешевле, у них не было стимула совершенствовать технику .

Только в 17 веке (1615 год) француз С. де Ко воспроизвел машину Герона: через герметичную крышку бака с водой выходила труба, бак

ставили на огонь, вода закипала и пар поднимал воду в трубе, сколь бы она не была высока. Опыт наглядно демонстрировал силу пара .

Уже первые модели паровых машин имели все составные части технической системы: ИЭ - огонь, Дв - котел с водой, преобразующий тепловую энергию в механическую (расширение пара), Тр - труба, РО - пар, изделие - вода в трубе, ОУ - человек (с помощью огня).

В 1663 году была запатентована и заработала машина маркиза Уорчестера: машина имела паровой котел, от него шла труба к двум бакам с водой, при открытии крана на одной из труб вода из бака вытеснялась паром в

водоподъемную трубу, в это время второй бак заполняли свежей порцией воды; кран на первой трубе закрывался, в котле поднималось давление, открывался второй кран и т.д.

РО усложнился - появились баки и краны, давшие возможность управлять уже самим рабочим органом. РО развивается и дальше, при неизменной схеме работы остальных частей (ИЭ-Дв-Тр), появляются элементы автоматического действия (клапаны) и новый принцип обработки изделия - воды (всасывание вместо нагнетания).

Рис. 3. Паровая водоподъемная машина Т.Сэвери.

1 - котел, 2 - бак с водой, 3 - приемная емкость, 4 - источник воды; А, Б - клапаны.

В 1698 году английский инженер Т.Севери получил патент на паровую водоподъемную машину (откачка воды из шахт), в которой, в отличие от машины Уорчестера, в водоподъемной трубе были установлены клапаны (рис. 3). Вентиль на паровом котле открывался, пар вытеснял воздух из 2, при этом клапан А открывался (клапан Б закрыт) и вода попадала в 3. Потом 2 охлаждался водой, в нем резко падало давление, образовывался вакуум, подсасывалась вода из 4 через клапан Б (А закрыт) и цикл

повторялся. Модель машины с успехом демонстрировалась Королевскому обществу.

В 1705 году был выдан патент кузнецу и железоторговцу Т.Ньюкомену на водоподъемную машину, в которой впервые использовались цилиндры с поршнем (рис. 4).

Рис. 4. Паровая машина Ньюкомена.

1 - насос, 2 - источник воды, 3 - емкость, 4 - коромысло, 5 - рабочий цилиндр, 6 - емкость с водой, 7 - котел; А,В, - клапаны, С, D - краны.

Поршень насоса 1 под действием собственного веса опускался вниз, вода из цилиндра вытеснялась в емкость 3 (А открыт,

В закрыт). в это время рабочий цилиндр 5 был заполнен паром, поступившим из парового котла 7 (D открыт, C закрыт). Коромысло 4 наклонялось влево, толкало поршень насоса 1. Затем рабочий цилиндр охлаждался водой снаружи (после усовершенствования впрыскивал воду в цилиндр) пар в 5 конденсировался и давление падало ниже атмосферного. Впрыск воды из емкости 6, открывался кран C. В 5 образовывался вакуум и поршень под действием атмосферного давления опускался вниз, коромысло 4 поворачивалось вправо, поршень насоса 1 поднимался, клапан Б открывался, цилиндр насоса заполнялся водой из 2. Цикл повторялся. Машина поэтому называлась атмосферной.

Уже к 1770 году на севере Англии работало около 100 машин, а к 1780

году на Корнуэльских оловянных
рудниках (юго-запад Англии)
работало не менее 70 машин.

При работе машины требовалось
открывать и закрывать краны,
подающие в цилиндр то пар (D), то
воду (C). Один из мальчиков,
приставленных к такой машине,
Гемфри Поттер, открыл эпоху
автоматических машин : ***он связал
краны с коромыслом веревкой и они
стали сами открываться и
закрываться*** . ..

Вытеснение человека из ТС
продолжалось и далее.

Рис. 5. Универсальная паровая машина Ползунова.

1 - двухцилиндровый двигатель, 2 - воздухоудувные меха, 3 - аккумулятор давления, 4 - сжатый воздух, поступающий в плавильные печи по трубам.

В 1763 году И.И.Ползунов, после знакомства с работами Сэвери и Ньюкомена, разработал проект первой в мире универсальной паровой машины, мощность 1,8 л.с. (рис. 5). В отличие от машины Ньюкомена, которая не могла непрерывно производить работу и использовалась поэтому для привода орудий прерывного действия

(например, водооткачивающих насосов), машина Ползунова могла производить работу непрерывно, то есть была спроектирована как универсальная. Им были применены два цилиндра (би-система), поршни которых поочередно передавали работу на общий вал. Впервые выдвинутый Ползуновым принцип сложения работы нескольких цилиндров на одном валу нашел в дальнейшем широкое применение (в том числе в ДВС). Ползунов также разработал специальное автоматическое устройство, производящее распределение пара и воды (позиции 6,7 на рис. 6).

Рис. 6. Схема воздуходувной установки Ползунова.

1 - цилиндр, 2 - 3 - балансиры, 4 - 5 - малые полубалансиры, 6 - 7 - пароводораспределительный механизм, 8 - полубалансир, 9 - насос, 10 - воздухонагнетательные меха, 11 - коллектор, 12 - аккумулятор.

Джеймс Уатт открыл мастерскую по ремонту различных приборов, изучал свойства воды и водяного пара, определил опытным путем зависимость между давлением и температурой насыщенного водяного пара. В 1764 году ему принесли для ремонта модель машины Ньюкомена.

Внимательно изучив машину, он правильно определил большой ее недостаток: из-за впрыскивания воды для конденсации пара цилиндр машины сильно охлаждался, а при подаче в него пара его необходимо было снова нагревать (большой расход тепла и топлива). Уатт сделал два важных усовершенствования:

- конденсатор пара 5 (пар конденсировался не в цилиндре, а в конденсаторе),
- паровая рубашка 2 вокруг цилиндра (рис. 7).

Это существенно повысило к.п.д. машины.

Рис. 7. Схема машины Д. Уатта.

1, 2, 6, 8 - клапаны, 3 - насос, 4 - емкость с водой, 5 - конденсатор пара, 7 - паровая рубашка, 9 - котел.

Насосная паровая машина Уатта оказалась такой удачной, что если в 1778 году на Корнуэльском руднике было 70 машин Ньюкомена, то к 1790 году все они, кроме одной, были заменены машинами Уатта (пат. 1769 года).

Область применения паровых машин расширялась, большие заказы

поступали со стороны развивающейся текстильной промышленности, требовались универсальные двигатели для привода вращающихся станков.

Патент на универсальный паровой двигатель Уатт получил в 1781 году. Он разработал и создал паровую машину с цилиндрами двойного действия, разработал центробежный регулятор и индикатор. Начал применяться давно известный кривошипно-шатунный механизм.

Через 20 лет усовершенствований Уатт избавился от холостого хода: закрыл цилиндр крышкой с

сальником, теперь можно было подавать пар поочередно по обе стороны поршня - появилась машина непрерывного действия. В паровую рубашку подавался отработанный пар, создавалась теплозащитная оболочка. В конденсаторе пар отдавал тепло холодной воде, которая поступала в котел. Для управления подачей пара Уатт изобрел золотник, заменивший систему кранов: он перемещался поршнем машины посредством специальных тяг. Центробежный регулятор был необходим для перемещения заслонки в паропроводе, это нужно для поддержания постоянной

скорости машины (несмотря на изменение нагрузки и давление пара в котле).

2.3.7. Колесо телеги

ТС отшлифованные " *естественным отбором* " по МПиО достигают совершенства, их элементы взаимодействуют друг с другом самым оптимальным образом, то есть идеально подстроены под законы реального мира (физические, химические, биологические, экономические), настроены на максимальное выполнение полезных функций. При этом, создатели этих

ТС зачастую не имеют понятия о законах, оптимальном проектировании, изобретательстве...

Д.Стэрт, автор книги (исследования)
" *Колесная мастерская* " пишет:

"Какой смысл в развале и чашеобразности колес? К стыду своему, я должен признаться, что этот вопрос мучил меня много лет, даже после того, как я убедился в многочисленных преимуществах этой странной формы и в том, что колеса без развала могут не пройти и мили. Ясно, что развал нужен, но зачем? Почему колесо без него всегда выворачивается наружу, как зонтик на ветру? Почему под грузом, если он и в самом деле слишком тяжел, колесо

никогда не ломается каким-нибудь другим образом, а всегда одним и тем же?"

Лишь много позже он наткнулся на правильный ответ, когда заметил, что колеса оставляют на дороге волнистый след, раскачиваясь из стороны в сторону при каждом шаге лошади.

"Нагруженный кузов телеги или повозки, раскачиваясь в такт с шагом лошади, наносит колесам резкие удары то с одной, то с другой стороны. Он движется из одной стороны в другую и бьет по ступицам колес. Восприняв толчок, левое колесо тот час же передает нагрузку правому, и наоборот. И так изо дня в

день, в любой упряжке. На колеса действует не только вертикально направленный вес груза, им приходится также все время воспринимать усилия, приложенные к центру" (Цит. по: Дж.К.Джонс. Методы проектирования. М.: Мир, 1986, с. 53-54).

Техническое решение, найденное и отработанное в течение нескольких веков, с большим трудом разгаданное современным исследователем, представляет собой пример ТС, настроенной (нацеленной) на максимальное выполнение ГПФ.

Но этот путь, путь бесчисленных неудач и успехов в процессе

многовекового поиска по МПиО,
слишком медленный и
дорогостоящий.

2.3.8. Поморский коч

Первобытный человек селился вдоль рек, поэтому одна из первых возникших потребностей была потребность переправы. Случайное открытие: бревно имеет хорошую плавучесть. После длительных наблюдений: бревно с дуплом имеет еще большую плавучесть. Искусственное дупло - челнок из ствола дерева.

Борьба за скорость, за непотопляемость - наблюдения за окружающей средой, труд помогли изобрести весло, затем парус. Все изобретения делались по методу проб и ошибок : попробовали так - судно потонуло, значит, сделаем иначе. Удачные находки закреплялись, системы совершенствовались. Каждая ТС "отшлифовывалась" сотни лет.

Примером до предела усовершенствованной системы может служить поморский коч - деревянное парусное судно русского Севера. При сжатии во льдах оно не

раздавливалось, а попросту выжималось вверх, т.к. оно имело специальную форму.

Ясно, что тысячи судов до этого блестящего изобретения погибли, потонули, исчезли; остались лишь суда наиболее близкой к яйцевидной форме корпуса. Произошел своеобразный естественный отбор. Именно такую форму впоследствии применил на своем "*Фраме*" Нансен, а затем и создатель "*Ермака*" Макаров.

Кроме непотопляемости кочи имели и великолепные ходовые качества, они проходили 70-80 (до 100) миль в

сутки (английские торговые суда, заходившие в Архангельск проходили не более 50 миль в сутки, голландские фрегаты 40 миль в сутки). Несмотря на это царь Петр запретил под страхом наказания строить эти "староманерные" суда. Но попытка "директивного" торможения развития ТС не удалась - кочи строили до 20 века.

Так что же, есть достижения у МПиО? Да, есть. Но какой ценой! Сколько лет! Сколько жизней!

По подсчетам американских исследователей Рехнитцера и Терри за тысячелетия существования

мореплавания в Мировом океане
погибло около миллиона судов...

3. ТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА: ПОНЯТИЕ, ОПРЕДЕЛЕНИЕ, СВОЙСТВА

3.1.Общее определение ТС

3.2.Функциональность

3.2.1. Цель-функция_

3.2.2. Потребность-функция_

3.2.3. Носитель функции

3.2.4. Определение функции

3.2.5. Иерархия функций

3.3. Структура

3.3.1. Определение структуры

3.3.2. Элемент структуры

3.3.3. Типы структур

3.3.4. Принципы построения структуры

3.3.5. Форма

3.3.6. Иерархическая структура систем

3.4. Организация_

3.4.1. Общее понятие

3.4.2. Связи

3.4.3. Управление

3.4.4. Факторы разрушающие
организацию

3.4.5. Значение эксперимента в
процессе улучшения организации

3.5. Системный эффект (качество)

3.5.1. Свойства в системе

3.5.2. Механизм образования
системных свойств

3.1. Общее определение ТС

Смысл системного подхода при исследовании процессов развития в технике заключается в рассмотрении любого технического объекта как системы взаимосвязанных элементов, образующих единое целое. Линия развития представляет собой совокупность нескольких узловых точек - технических систем,

резко отличающихся друг от друга (если их сравнивать только между собой); между узловыми точками лежит множество промежуточных технических решений - технических систем с небольшими изменениями по сравнению с предшествующим шагом развития. Системы как бы "*перетекают*" одна в другую, медленно эволюционируя, отодвигаясь все дальше от исходной системы, преобразаясь иногда до неузнаваемости. Мелкие изменения накапливаются и становятся причиной крупных качественных преобразований. Чтобы познать эти закономерности, необходимо

определить, что такое техническая система, из каких элементов она состоит, как возникают и функционируют связи между частями, каковы последствия от действия внешних и внутренних факторов, и т.д. Несмотря на огромное разнообразие, технические системы обладают рядом общих свойств, признаков и структурных особенностей, что позволяет считать их единой группой объектов.

Каковы основные признаки технических систем? К ним можно отнести следующие:

- *системы состоят из частей , элементов, то есть имеют структуру,*
- *системы созданы для каких-то целей , то есть выполняют полезные функции;*
- *элементы (части) системы имеют связи друг с другом , соединены определенным образом, организованы в пространстве и времени;*
- *каждая система в целом обладает каким-то особым качеством , неравным простой сумме свойств составляющих*

ее элементов, иначе пропадает смысл в создании системы (цельной, функционирующей, организованной).

Поясним это простым примером. Допустим, необходимо составить фоторобот преступника. Перед свидетелем поставлена четкая цель: составить систему (фотопортрет) из отдельных частей (элементов), система предназначена для выполнения весьма полезной функции. Естественно, что части будущей системы не соединяются как попало, они должны дополнять друг друга. Поэтому идет длительный процесс подбора элементов таким образом, чтобы каждый элемент, входящий в систему, дополнял предыдущий, а вместе они увеличивали бы полезную функцию системы, то есть усиливали бы

похожесть портрета на оригинал. И вдруг, в какой-то момент, происходит чудо - качественный скачок! - совпадение фоторобота с обликом преступника. Здесь элементы организованы в пространстве строго определенным образом (невозможно переставить их), взаимосвязаны, вместе дают новое качество. Даже если свидетель абсолютно точно идентифицирует по отдельности глаза, нос и т.д. с фотомоделями, то эта сумма "кусочков лица" (каждый из которых правильный!) ничего не дает - это будет простая сумма свойств элементов. Только функционально точно соединенные элементы дают главное качество системы (и оправдывают ее существование). Точно так же набор букв (например, А, Л, К, Е), соединившись только определенным образом дает новое качество (например, ЕЛКА).

ТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА - это совокупность упорядоченно взаимодействующих элементов, обладающая свойствами, не сводящимися к свойствам отдельных элементов, и предназначенная для выполнения определенных полезных функций.

Таким образом, техническая система имеет 4 главных (фундаментальных) признака:

- *функциональность,*
- *целостность (структура),*
- *организация,*
- *системное качество.*

Отсутствие хотя бы одного признака не позволяет считать объект технической системой. Поясним эти признаки подробнее.

3.2. Функциональность

3.2.1. Цель - функция

В основе любого трудового процесса, в том числе изобретательского, лежит понятие цели. Бесцельного изобретения не существует. В технических системах цель задается человеком и они предназначены для выполнения полезной функции. Уже

инженер древнего Рима Витрувий утверждал:

"Машина есть деревянное приспособление, которое оказывает большую помощь при поднятии тяжести".

Цель - воображаемый итог, к которому стремятся, удовлетворяя потребность. Таким образом, синтез ТС - это целенаправленный процесс. Любое сегодняшнее состояние может иметь в будущем множество последствий, абсолютное большинство которых лежат в русле энтропийных процессов. Человек выбирает цель и тем самым резко повышает вероятность нужных ему

событий. Целенаправленность - эволюционно приобретенный (или заданный?) навык борьбы с энтропийными процессами.

3.2.2. Потребность - функция

Появление цели - это результат осознания потребности. Человек отличается от других живых существ тем, что ему свойственны повышенные притязания - намного выше возможности естественных органов. Потребность (постановка задачи) - это то, что нужно иметь (сделать), а функция - реализация потребности в ТС.

Потребность может быть удовлетворена несколькими функциями; например, потребность в обмене продуктами труда - натуральный обмен, по эквивалентам, денежная система. Так же и выбранная функция может быть воплощена в нескольких реальных объектах; например, деньги - медь, золото, бумага, зубы акулы и т.д. И, наконец, любой реальный объект может быть получен (синтезирован) несколькими путями или его работа может быть основана на разных физических принципах; например, бумагу для денег можно получить различными способами,

рисунок нанести краской, в виде голограммы и т.д. Таким образом, технические системы, в принципе, имеют множественные пути развития. Человек все же каким-то образом выбирает одну дорогу воплощения потребности. Критерий здесь единственный - минимум МГЭ (массы, габаритов, энергоемкости) ; иначе нельзя - человечество всегда было ограничено в наличных ресурсах. Хотя, дорога эта зачастую извилиста, имеет множество тупиковых ответвлений и даже петель...

3.2.3. Носитель функции

Возникновение потребностей, осознание цели и формулирование функции - это процессы, происходящие внутри человека. Но реально действующая функция - это воздействие на предмет труда (изделие) или служение человеку. То есть, не хватает промежуточного звена - рабочего органа. Это и есть носитель функции в чистом виде. **РО - единственная функционально полезная человеку часть технической системы** . Все остальные части вспомогательны. ТС и возникали на первых этапах как

рабочие органы (взамен органов тела и в дополнение им). И только потом, для увеличения полезной функции к рабочему органу " *пристраивались* " другие части, подсистемы, вспомогательные системы. Этот процесс можно изобразить так:

Рис.

Представим себе (пока умозрительно), что возможен и обратный ход - как продолжение данного.

Рис.

Первая половинка процесса - развертывание техники, вторая -

свертывание. То есть человеку, в общем то, нужна функция, а не ее носитель...

Для облегчения перехода от функции к ее носителю - рабочему органу будущей ТС - необходима точность в описании функции. Чем конкретнее описана функция, чем больше дополнительных условий, тем уже диапазон средств для ее реализации, тем определеннее ТС и ее структура. Мощным ограничителем вариантности служат выявленные закономерности развития рабочих органов в составе ТС.

3.2.4. Определение функции.

Функционирование это изменение свойств, характеристик и качеств системы в пространстве и времени.

Функция - это способность ТС проявлять свое свойство (качество, полезность) при определенных условиях и преобразовывать предмет труда (изделие) в требуемую форму или величину . Для определения функции необходимо ответить на вопрос: что делает эта ТС? (для существующих ТС), или: что должна делать ТС? (для синтезируемых ТС).

3.2.5. Иерархия функций.

Каждая ТС может выполнять несколько функций, из которых только одна рабочая, ради которой она и существует, остальные - вспомогательные, сопутствующие, облегчающие выполнение главной. Определение *главной полезной функции (ГПФ)* иногда вызывает затруднение. Это объясняется множественностью требований, предъявляемых к данной системе со стороны выше и ниже лежащих систем, а также соседних, внешних и прочих систем. Отсюда кажущаяся бесконечность определений ГПФ

(принципиальная неохватность всех свойств и связей).

Пример: иерархия функций кирпича.

ГПФ-1 отдельного кирпича : держать свою форму, не разваливаться, иметь определенный вес, структуру, твердость. Требование со стороны соседних систем (других кирпичей и раствора в будущей стене): иметь прямоугольные грани, схватываться с раствором.

ГПФ-2 стены : нести себя, быть вертикальной, не деформироваться при изменении температуры, влажности, нагрузки, ограждать что-то, нести нагрузку от чего-то. Кирпич должен соответствовать части требований ГПФ 2.

ГПФ-3 дома : должен создавать
определенные условия для внутренней
среды, защиту от атмосферных
воздействий, иметь определенный
внешний вид. Кирпич должен выполнять
часть и этих требований.

ГПФ-4 города : определенный
архитектурный облик, климатические и
национальные особенности и т.д.

Кроме того, требование и к самому
кирпичу постоянно увеличивается:
он не должен впитывать грунтовую
влагу, должен иметь хорошие
теплоизоляционные свойства,
звукопоглощающие свойства, быть
радиопрозрачным и т.п.

Так вот, *ГПФ данной системы - это выполнение требований первой вышестоящей системы* . Все остальные требования, по мере удаления иерархического уровня, от которого они исходят, оказывают все меньшее влияние на данную систему. Эти над и подсистемные требования могут быть выполнены и другими веществами и системами, не обязательно данной системой. Например, свойство прочности кирпича может быть достигнуто различными добавками в исходную массу, а свойство эстетичности приклеиванием декоративной плитки на готовую стенку; для ГПФ кирпича

(выполнять "требования" стены) это безразлично.

То есть, ГПФ элемента определяется системой, в которую он включается . Тот же кирпич может быть включен во множество других систем, где его ГПФ будет совершенно непохожей (а то и противоположной) приведенной выше.

Пример . Определить ГПФ калорифера.

- Для чего калорифер? - нагревать воздух в доме.

- Для чего надо нагревать воздух? - чтобы его температура не упала ниже допустимой величины.
- Почему нежелательно падение температуры? - чтобы обеспечить комфортные условия для человека.
- Для чего нужны комфортные условия человеку? - чтобы уменьшить риск заболеть, и т.д.

Это путь вверх по иерархии целей - в надсистему. Называемая на каждом этаже функция (цель) может быть выполнена и другой ТС. Калорифер входит в систему: "дом- воздух- человек-калорифер " и выполняет ее " *требования* ".

Можно спуститься вниз по иерархии:

- что нагревает воздух? - тепловое поле;
- что производит тепловое поле? - нагревательная спираль;
- что действует на спираль для получения тепла? - электрический ток;
- что подводит электрический ток к спирали? - провода, и т. д.

Итак, "*требование*" НС для калорифера - нагревать воздух. А что делает калорифер (его рабочий орган - спираль)? - производит тепло, тепловое поле. Вот это и есть ГПФ калорифера - производство тепла,

как " *ответ* " на " *требование* " надсистемы. Здесь тепловое поле - изделие " *выпускаемое* " технической системой " *калорифер* ". ГПФ надсистемы - обеспечение комфортных условий для человека.

3.3. Структура

3.3.1. Определение структуры.

Совокупность (целостность) элементов и свойств неотъемлемый признак системы. Соединение элементов в единое целое нужно для получения (образования, синтеза)

полезной функции, т.е. для достижения поставленной цели.

Если определение функции (цели) системы в какой-то мере зависит от человека, то структура - наиболее объективный признак системы, она зависит только от вида и материального состава используемых в ТС элементов, а также от общих законов мира, диктующих определенные способы соединения, виды связи и режимы функционирования элементов в структуре. В этом смысле структура это способ взаимного соединения элементов в системе. Составление структуры - это программирование

системы, задание поведения ТС с целью получения в результате полезной функции. Требуемая функция и выбранный физический принцип ее осуществления однозначно задают структуру.

Структура - это совокупность элементов и связей между ними, которые определяются физическим принципом осуществления требуемой полезной функции.

Структура остается неизменной в процессе функционирования, то есть при изменении состояния, поведения, совершения операций и любых других действий.

Главное в структуре : элементы, связи, неизменность во времени.

3.3.2. Элемент структуры.

Элемент, система - относительные понятия , любая система может стать элементом системы более высокого ранга, также и любой элемент можно представить как систему элементов более низкого ранга.

Например, болт (винт + гайка) - элемент двигателя, который в свою очередь является структурной единицей (элементом) в системе автомобиля и т.д. Винт состоит из зон (геометрических тел), таких как головка, цилиндр, резьба, фаска; материал болта -

сталь (система), состоящая из элементов железа, углерода, легирующих добавок, которые в свою очередь состоят из молекулярных образований (зерен, кристаллов), еще ниже - атомы, элементарные частицы.

Элемент - относительно целая часть системы, обладающая некоторыми свойствами не исчезающими при отделении от системы . Однако в системе свойства элемента не равны свойствам отдельно взятого элемента.

Сумма свойств элемента в системе может быть больше или меньше суммы его свойств вне системы .

Иначе говоря, часть свойств элемента, включаемого в систему, гасится или к элементу добавляются новые свойства. В подавляющем большинстве случаев часть свойств элемента нейтрализуется в системе, как бы исчезает; в зависимости от величины этой части говорят о степени потери индивидуальности элемента включенного в систему.

Система обладает частью свойств элементов ее составляющих, но ни один элемент бывшей системы не обладает свойством всей системы (системным эффектом, качеством).

Когда песок перестает быть песком? - на ближайшем верхнем или нижнем "*этаже*": песок - пыль - молекулы - атомы -...; песок - камень - скала...; здесь "*песчаные*" свойства частично сохраняются при движении вверх и сразу исчезают при движении вниз по "*этажам*".

Элемент - минимальная единица системы, способная к выполнению некоторой элементарной функции .

Все технические системы начинались с одного элемента, предназначенного для выполнения одной элементарной функции. С увеличением ГПФ начинается увеличение (усиление) каких-то свойств элемента. Затем идет

дифференциация элемента, то есть разделение элемента на зоны с разными свойствами. Из моноструктуры элемента (камень, палка) начинают выделяться другие элементы. Например, при превращении каменного резца в нож выделились рабочая зона и зона ручки, а затем усиление специфических свойств каждой зоны потребовало применение разных материалов (составные инструменты). Из рабочего органа выделилась и развилась трансмиссия. Затем к РО и Тр добавляются Двигатель, Орган управления, Источник энергии.

Система разрастается за счет усложнения своих элементов, добавляются вспомогательные подсистемы... Система становится высокоспециализированной. Но наступает момент развития, когда система начинает принимать на себя функции соседних систем, не увеличивая количество своих элементов. Система становится все более универсальной при неизменном, а затем и сокращающемся количестве элементов.

Рис.

3.3.3. Типы структур.

Выделим несколько наиболее характерных для техники структур:

1). Корпускулярная.

Состоит из одинаковых элементов, слабо связанных между собой; исчезновение части элементов почти не отражается на функции системы. Примеры: эскадра кораблей, песчаный фильтр.

Рис.

2). "Кирпичная".

Состоит из одинаковых жестко связанных между собой элементов. Примеры: стена, арка, мост.

Рис.

3). *Цепная.*

Состоит из однотипных шарнирносвязанных элементов.

Примеры: гусеница, поезд.

Рис.

4). *Сетевая.*

Состоит из разнотипных элементов, связанных между собой непосредственно, или транзитом через другие, или через центральный (узловой) элемент (звездная структура). Примеры: телефонная

сеть, телевидение, библиотека, система теплоснабжения.

Рис.

5). Многосвязная.

Включает множество перекрестных связей в сетевой модели.

Рис.

6). Иерархическая.

Состоит из разнородных элементов, каждый из которых является составным элементом системы более высокого ранга и имеет связи по "горизонтали" (с элементами одного

уровня) и по " *вертикали* " (с элементами разных уровней).
Примеры: станок, автомобиль, винтовка.

По типу развития во времени структуры бывают:

1. *Развертывающиеся* с течением времени при увеличении ГПФ растет количество элементов.

2. *Свертывающиеся* с течением времени при росте или неизменном значении ГПФ количество элементов уменьшается.

3. *Редуцирующие* в какой-то момент времени начинается уменьшение количества элементов при одновременном уменьшении ГПФ.

4. *Деградирующие* уменьшение ГПФ при уменьшении связей, мощности, эффективности.

3.3.4. Принципы построения структуры.

Главный ориентир в процессе синтеза системы - получение будущего системного свойства (эффекта, качества) . Важное место

в этом процессе занимает этап подбора (построения) структуры.

"Формула" системы:

Рис.

Для одной и той же системы можно подобрать несколько различных структур в зависимости от выбранного физического принципа воплощения ГПФ. Выбор физического принципа должен основываться на минимизации M , G , E (массы, габаритов, энергоемкости) при сохранении эффективности.

Формирование структуры - основа синтеза системы.

Некоторые принципы формирования структуры:

- принцип функциональности,
- принцип причинности,
- принцип полноты частей,
- принцип дополнительности.

Принцип функциональности
отражает примат функции над структурой. Структура обуславливается предыдущим выбором:

Рис.

Выбор принципа действия однозначно определяет структуру,

поэтому их надо рассматривать вместе. Принцип действия (структура) - это отражение цели-функции. По выбранному принципу действия следует составить функциональную схему (возможно в вепольной форме).

Функциональная схема строится по *принципу причинности* , так как любая ТС подчиняется этому принципу. Функционирование ТС это цепочка действий-событий.

Каждое событие в ТС имеет одну (или несколько) причин и само является причиной последующих событий. Все начинается с причины,

поэтому важный момент -
обеспечение "запуска" (включения)
причины. Для этого необходимо
наличие следующих условий:

- обеспечить внешние условия,
не препятствующие
проявлению действия,
- обеспечить внутренние
условия, при которых
осуществляется событие
(действие),
- обеспечить извне повод,
толчок, "искру" для "запуска"
действия.

Главный смысл в выборе принципа действия - лучшее осуществление принципа причинности.

Надежный способ выстраивания цепочки действий - от конечного события к начальному; конечное событие - это действие, полученное на рабочем органе, то есть осуществление функции ТС.

Главное требование к структуре - минимальные потери энергии и однозначность действия (исключение ошибки), то есть хорошая энергетическая

*проводимость и надежность
причинно-следственной цепочки.*

При решении изобретательских задач, после формулировки ФП (физического противоречия) возникают затруднения при переходе к физическому принципу. Возможно здесь поможет принцип причинности. ФП - это заказ, конечное действие, от него требуется выстроить цепочку причин-следствий до физэффекта.

Принцип полноты частей (закон полноты частей системы) может быть взят за основу при первом построении функциональной схемы.

Возможна следующая
последовательность шагов:

1. Формулируется ГПФ.
2. Определяется физический принцип действия рабочего органа на изделие.
3. Отбирается или синтезируется РО.
4. К рабочему органу "пристраиваются" трансмиссия, двигатель, источник энергии, орган управления.

5. Строится в первом приближении функциональная схема:

Рис.

6. Выявляются недостатки и возможные сбои в схеме.

Разрабатываются более подробные схемы, с учетом иерархии подсистем.

Подсистемы недостаточно хорошо выполняющие функции дистраиваются новыми элементами.

Например:

Рис.

Это обычный путь развертывания ТС, увеличение ГПФ за счет добавления новых полезнофункциональных подсистем.

Некоторое увеличение ГПФ возможно за счет уменьшения вредных связей и эффектов в подсистемах (без их усложнения).

Наиболее радикальный путь - идеализация ТС.

Принцип дополнительности заключается в особом способе соединения элементов при

включении их в систему. Элементы должны быть не только согласованы по форме и свойствам (для того, чтобы иметь принципиальную возможность взаимного соединения), но и дополнять друг друга, взаимно усиливаться, складывать полезные свойства и взаимно нейтрализовать вредные. Это основной механизм возникновения системного эффекта (качества).

3.3.5. Форма.

Форма - это внешнее проявление структуры ТС, а структура - внутреннее содержание формы. Эти

два понятия тесно взаимосвязаны. В технической системе может преобладать одно из них и диктовать условия воплощения другой (например, форма крыла самолета обуславливает его структуру). Логика построения структуры в основном определяется внутренними принципами и функциями системы. Форма в большинстве случаев зависит от требований надсистемы.

Основные требования к форме:

- функциональные (форма резьбы и т.п.),
- эргономические (рукоять инструмента, сиденье водителя)

и т. п.),

- технологические (простота и удобство изготовления, обработки, транспортировки),
- эксплуатационные (срок службы, прочность, стойкость, удобство ремонта),

эстетические (дизайн, красота, "*приятность*", "*теплота*"...).

3.3.6. Иерархическая структура систем.

Иерархический принцип организации структуры возможен только в многоуровневых системах (это

большой класс современных технических систем) и заключается в упорядочении взаимодействий между уровнями в порядке от высшего к нижнему. Каждый уровень выступает как управляющий по отношению ко всем нижележащим и как управляемый, подчиненный, по отношению к вышележащему. Каждый уровень специализируется также на выполнении определенной функции (ГПФ уровня). Абсолютно жестких иерархий не бывает, часть систем нижних уровней обладает меньшей или большей автономией по отношению к вышележащим уровням. В пределах уровня

отношения элементов равны между собой, взаимно дополняют друг друга, им присущи черты самоорганизации (закладываются при формировании структуры).

Возникновение и развитие иерархических структур не случайно, так как это единственный путь увеличения эффективности, надежности и устойчивости в системах средней и высокой сложности.

В простых системах иерархия не требуется, так как взаимодействие осуществляется по непосредственным связям между

элементами. В сложных системах непосредственные взаимодействия между всеми элементами невозможны (требуется слишком много связей), поэтому непосредственные контакты сохраняются лишь между элементами одного уровня, а связи между уровнями резко сокращаются.

Типичный вид иерархической системы:

Рис.

В табл. 1 приведены названия иерархических уровней в технике (Альтшуллер Г.С. в кн.: Дерзкие

формулы творчества. Петрозаводск, "Карелия", 1987, с. 17-18).

Таблица 1

Уровень (ранг ТС)	Название системы	Пример	Аналог
1	Техносфера	Техника + люди + ресурсы + система потребления	Биосфера
2	Техника	Вся техника (все отрасли)	Фауна
3	Отрасль техники	Транспорт (все виды)	Тип
4	Объединение	Аэрофлот, автотранспорт, ж\д транспорт	Класс
5	Предприятие	Завод, метро, аэропорт	Организм
6	Агрегат		

		Локомотив, вагоны, рельсовый путь	Органи сердце т.д.
7	Машина	Локомотив, автомобиль, самолет	Клетка
8	Неоднородный механизм (совокупность узлов, позволяющая осуществлять перевод энергии и вещества из одного вида в другой)	Электростатический генератор, двигатель внутреннего сгорания	Молеку РНК, А
9	Однородный механизм (совокупность узлов, позволяющая энергию и вещества не меняя их вида)	Винтовой домкрат, тележка, парусное оснащение, часы, трансформатор, бинокль	Молеку гемогл способ трансп кислоро

10	Узел	Ось и два колеса (появляется новое свойство — способность качения)	Сложн молеку полим
11	Пара деталей	Винт и гайка, ось и колесо	Молек образс разны радика напри C_2H
12	Неоднородная деталь (при разделении образует неодинаковые части)	Винт, гвоздь	Несим углеро -C-C- C- C
13	Однородная деталь (при разделении образует одинаковые части)	Проволока, ось, балка	Углеро -C-C- C-

14	Неоднородное вещество	Сталь	Смеси (морская воздух)
15	Однородное вещество	Химически чистое железо	Простое вещество (кислород)

Основные свойства иерархических систем.

**1) Двойственность качеств
элементов в системе - элемент
одновременно обладает
индивидуальными и системными
качествами.**

Входя в систему элемент теряет свое
исходное качество. Системное
качество как бы забивает проявление
собственных качеств элементов. Но

полностью это не происходит никогда. Химические соединения имеют системные физико-химические свойства, но также и сохраняют свойства входящих в них элементов. На этом основаны все методы анализа состава соединений (спектральный, ЯМ, рентгеновский и т.д.). Чем сложнее иерархическая структура (организация) системы, тем выше ее индивидуальные качества, тем четче они выступают в надсистеме, тем менее она связана с другими элементами (системами) надсистемы. На более низких уровнях происходит упрощение элементов (системам не нужны "

сложные " вещи, нужна простая полезная функция). В результате этого вещи утрачивают свою самобытность, конкретную индивидуальность, становятся безразличными к своей вещественной индивидуальной форме.

Утрата индивидуальности - это цена, "*заплаченная*" элементами за приобретенную ими способность выражать отдельные стороны системных связей в иерархии. (Как в обществе: человек на производстве не субъект, не неповторимая индивидуальность, не творец своих

обстоятельств, он *функция, объект, вещь*).

Это свойство иерархических систем является причиной распространённого вида психинерции изобретателя: он видит одно (главное, системное) свойство элемента и не видит множества его прежних индивидуальных свойств.

2) Диктат верхних уровней над нижними - основной порядок иерархии (аналог в обществе: единоначалие, авторитарное руководство).

Самый нижний уровень иерархии - рабочий орган или его рабочая часть, зона, поверхность (в каждой подсистеме свой рабочий орган). Поэтому все управляющие воздействия (сигналы) и энергия обязательно доходят до рабочего органа, заставляя его функционировать строго определенным образом. В этом смысле РО самый подчиненный элемент системы. Напомним, что его роль при синтезе ТС прямо противоположна: он диктует структуру для выполнения ГПФ.

Часто диктат верхних уровней простирается еще ниже рабочего органа; что находится ниже РО? - изделие. Технические системы (" для своего удобства ") диктуют какие должны быть изделия. Это " стремление " техники изменить окружающую среду " под себя " ошибочно, оно свойственно лишь современной, во многом неуклюжей и грубой, техники. Особенно четко видно несоответствие (несогласованность) технических систем (" правильных ", " стандартных ") с природными объектами ("неправильными"), с ремесленно-художественными

изделиями человека.

Примеры.

Главная полезная функция железнодорожного транспорта - объем перевозок. Поэтому во многих странах ведутся исследования по выведению квадратных помидоров (Болгария), арбузов (Япония), картофеля, моркови, свеклы, огурцов и ананасов ("Знание - сила", 1983, № 12, с. 32). Кубические овощи и фруктов легче упаковывать и перевозить.

В США выпускается яичная "колбаса". Яйца разбиваются, центрифугированием отделяют белок от желтка, формируют при замораживании "колбасу" (в центре желток), если нужна яичница - отрезай ломтик. С точки зрения повышения ГПФ (транспортировки яиц) задача решена.

А.с. 1 132 905: (БИ, 1985, № 1). Способ подготовки картофеля, овощей и плодов к тепловой обработке (рис. 8): картофель режут, сдвигают и срезают кожуру снизу; затем поворачивают на 180 град., выравнивают и срезают снизу, и т.д. до тех пор, пока не очистят всю картофелину.

Рис. 8. Способ подготовки картофеля, овощей и плодов к тепловой обработке (а.с. 1 132 905).

Из французского юмора ("Изобретатель и рационализатор", 1984, № 8, 3 с. обложки): "Хочу предложить вашей фирме свое последнее изобретение. Это автомат для бритья. Клиент опускает несколько монет, просовывает голову в

отверстие и две бритвы автоматически начинают брить его.

- Но ведь у каждого человека индивидуальное строение лица...- В первый раз - да!"

3). Нечувствительность верхних этажей к изменениям на нижних и наоборот, чувствительность нижних к изменениям на верхних.

Изменения на уровнях веществ и подсистем низшего ранга не отражаются на системном свойстве (качестве) ТС-НС высших рангов.

Пример.

Принцип телевидения был воплощен уже в первых механических системах. Новое системное свойство (передача изображения на расстояние) принципиально не изменилось при переходе на ламповые, транзисторные, микромодульные элементы.

Увеличивалась ГПФ, но системное свойство принципиально не менялось. Главное для надсистемы - выполнение подсистемами своих функций, а на каких материалах и физических принципах - безразлично. Это положение имеет важное следствие для изобретательства.

Допустим, возникла задача обеспечения эффективного теплоотвода от работающего трансформатора в ламповом телевизоре (потребляемая мощность 400 Вт). Изобретатель может долго и различными путями искать

способ теплоотвода, придумывать новые подсистемы, увеличивать установочную мощность трансформатора для снижения температуры нагрева и т.д. Однако, если подняться на этаж выше (блок питания), то задача может быть решена совершенно иным способом (например, импульсный режим питания), а при изменении на верхнем этаже (например, замена ламповой схемы на транзисторную) может вообще исключить эту задачу - в ней просто отпадет необходимость (мощность снизится, допустим, до 100 Вт).

4). Отфильтровывание (выделение) полезных функций на уровнях иерархии. Правильно организованная иерархическая структура выделяет на каждом этаже

полезную функцию, эти функции складываются (взаимоусиливаются) на следующем этаже; при этом вредные функции на каждом этаже подавляются или, по крайней мере, к ним не добавляются новые.

Основной вклад в ГПФ образуется на нижних этажах, начиная с рабочего органа. На последующих уровнях происходит более или менее существенное дополнение (усиление) полезной функции. С увеличением количества этажей рост ГПФ замедляется, поэтому системы с большим количеством иерархических уровней неэффективны (расходы по МГЭ

начинают превышать выигрыш в ГПФ). Самый верхний уровень иерархии выполняет обычно только согласовательные функции, таких уровней не должно быть больше одного.

Чем выше уровень иерархии, тем мягче структура, менее жесткие связи между элементами, легче переставлять их и заменять. На нижних уровнях более жесткая иерархия и связи; структура строго определена требованием выполнения ГПФ. Нельзя, например, поставить в тепловой трубе фитиль снаружи корпуса, параметры работы фитиля и его структура жестко заданы; на

верхних же этажах, где функция - перераспределение теплоты, рециркуляция, регулирование и пр., возможны самые радикальные перестановки.

3.4. Организация

3.4.1. Общее понятие.

Задача ТРТС - раскрытие закономерности синтеза, функционирования и развития технических систем . Организация - важнейший элемент во всех трех периодах существования системы. Организация возникает одновременно со структурой. В

сущности, организация это алгоритм совместного функционирования элементов системы в пространстве и времени .

Французский биолог 18 в. Бонне писал:

"Все части, составляющие тело, настолько непосредственно многообразно и многообразно связаны друг с другом в области своих функций, что они неотделимы друг от друга, что родство их предельно тесно и что они должны были появиться одновременно. Артерии предполагают наличие вен; функции как тех, так и других предполагают наличие нервов; эти предполагают в свою очередь

наличие мозга, а последний - наличие сердца; каждое отдельное условие - целый ряд условий" (Гнеденко Б.В. и др. За советом в природу. М.: Знание, 1977, с. 45).

Организация возникает, когда между элементами возникают объективно закономерные, согласованные, устойчивые во времени связи (отношения); при этом одни свойства (качества) элемента выдвигаются на первый план (работают, реализуются, усиливаются), а другие ограничиваются, гасятся, маскируются. Полезные свойства трансформируются в процессе

работы в функции - действия, поведение .

Главное условие возникновения организации - связи между элементами и/или их свойствами должны превышать по мощности (силе) связи с несистемными элементами.

С возникновением организации снижается энтропия в возникшей системе по сравнению с внешней средой. Внешняя среда для ТС - это чаще всего другие технические системы. Так что энтропия - это ненужная для данной ГПФ

(потребности) организация ("чужая" организация).

Степень организованности отражает степень предсказуемости поведения системы при осуществлении ГПФ.

Абсолютная предсказуемость невозможна, или возможна только для неработающих (" мертвых ") систем. Полная непредсказуемость - когда системы нет, дезорганизация.

Сложность организации характеризуется числом и разнообразием элементов, числом и разнообразием связей, числом уровней иерархии.

Сложность организации возрастает при развертывании ТС и уменьшается при свертывании организация, как бы, "загоняется" внутрь вещества . При развертывании на полезно-функциональных подсистемах, отрабатываются принципы организации (условия взаимодействия, связи и функции), затем организация переходит на микроуровень (функция подсистемы выполняется веществом).

3.4.2. Связи.

Связь - это отношение между элементами системы.

Связь - реальный физический (вещественный или полевой) канал для передачи Э (энергии), В (вещества), И (информации); причем информации нематериальной не бывает, это всегда Э или В.

Подозреваю, что автор путает информацию и взаимодействия, на основании которых в мозгу человека информация возникает: я не могу передать другому человеку своё ощущение, например, красного цвета, у каждого оно своё. Но мы можем сопоставить (пронормировать) ощущения различных людей по поводу одного воздействия и выработать общее «видение» ощущения «красный цвет». Но это не означает, что я передал собственное ощущение, мы только пронормировали различные ощущения и на этой основе выработали общий знак - «красный цвет». А вот уже далее – люди могут передавать сигналы об этом знаке (вербальные, образные) и у каждого будет происходить идентификация знака с собственным значением (ощущением).

Главное условие работы связи - "*разность потенциалов*" между элементами, то есть градиент поля или вещества (отклонение от термодинамического равновесия - принцип Онзагера). При градиенте возникает движущая сила, вызывающая поток Э или В:

- градиент температуры -
поток теплоты
(теплопроводность),
- градиент концентрации -
поток вещества (диффузия),
- градиент скорости - поток
импульса,

- градиент электрического поля - электрический ток,

а также градиенты давления, магнитного поля, плотности и т.д.

Часто в изобретательских задачах требуется организовать поток при градиенте " *не своего* " поля.

Например, поток вещества (нитиновых пустотелых шариков) при градиенте температуры - в задаче о выравнивании температуры по глубине бассейна. *Основные характеристики связи: физическое наполнение и мощность .*

Физическое наполнение - это вид вещества или поля, используемого в

связи. Мощность - интенсивность потока В или Э. Мощность связи должна быть больше мощности внесистемных связей, выше пороговой - уровня шума внешней среды.

Связи в системе могут быть:

- функционально необходимые - для выполнения ГПФ,
- вспомогательные - увеличивающие надежность,
- вредные, лишние, избыточные.

По типу соединения связи бывают: *линейные, кольцевые, звездные,*

транзитные, разветвленные и смешанные .

Основные виды связей в технических системах:

1. Элементарные

- а) односторонняя (полупроводниковая),*
- б) рефлексивная (возникающая под действием внешней причины),*
- в) селективная (отсеивающая ненужные потоки),*
- г) запаздывающая (с задержкой по времени),*
- д) положительная (увеличивающая мощность при увеличении "разности потенциалов"),*
- е) отрицательная (уменьшающая мощность при увеличении "разности потенциалов"),*
- ж) нейтральная (безразличная к направлению),*
- з) нулевая ,*
- и) проектируемая (желаемая).*

2. Комбинированные.

л) *двусторонняя* (полностью проводящая) ,

м) *контрсвязь* (пропорционально зависимость от состояния элементов, между которыми осуществляется связь; например, полюса магнита или потенциалы источника тока),

н) *положительная обратная* связь. (при увеличении мощности одной связи увеличивается мощность другой), механизм взаимной стимуляции функций, ведет к нарастанию процессов;

о) *отрицательная обратная* связь. (при увеличении мощности одной связи уменьшается мощность другой), стабилизирующий механизм, ведет к устойчивому равновесию или к колебаниям вокруг точки равновесия,

п) *двойная отрицательная обратная* связь, или обратная связь типа взаимного угнетения (при уменьшении мощности одной связи уменьшается также мощность другой), ведет к неустойчивому равновесию, кончающемуся усилением одной из сторон и подавлением другой.

При использовании комбинированных связей у системы появляются новые свойства.

Рассмотрим, например, систему из двух элементов с отрицательной обратной связью:

Рис.

При увеличении потенциала А мощность положительной связи 1 возрастает, что приводит к увеличению потенциала Б. Но отрицательная связь 2 подавляет потенциал А. Система быстро приходит в состояние устойчивого равновесия. При обрыве связи 1

потенциал А увеличивается без подавления со стороны Б. При обрыве связи 2 потенциал А увеличивается и одновременно увеличивается потенциал Б (положительная связь).

В системе из трех элементов появляется еще более сильное качество.

Рис.

При увеличении потенциала А, увеличивается Б, но по связи 4 подавляется А; по связи 2 увеличивается В, но по связи 5 уменьшается Б, а по связи 6

уменьшается В и т.д. То есть, вывод любого элемента из состояния равновесия быстро взаимно подавляется.

При обрыве любой связи, взаимное подавление также происходит быстро по другим связям. То же при обрыве двух связей.

В системе создается устойчивое равновесие, при котором состояние элемента может быть лишь незначительно сдвинуто от равновесия.

Здесь приведен пример с одинаковой комбинированной связью

(отрицательной). Другие, еще более необычные, эффекты возникают в системах с разнородными связями, с большим количеством элементов, с появлением перекрестных связей (начиная с диагональной в квадрате). Необходима разработка по "наложению" этих типов связей на вебанализ.

Увеличение степени организации системы прямо зависит от числа связей между элементами.

Развитость связей - это раскрытие веполей (увеличение степени вепольности). Как увеличить количество связей в веполе? Двумя путями:

1. включение элементов системы в связи с надсистемами,

2. задействование более низких уровней организации подсистемы или вещества.

При увеличении числа связей на один элемент, увеличивается количество полезно работающих свойств элементов.

3.4.3. Управление.

Одно из важных свойств организации - возможность управления, то есть изменения или

поддержания состояния элементов в процессе функционирования системы. Управление идет по специальным связям и представляет собой последовательность команд во времени. Управление по отклонению величины является наиболее распространенным и достоверным способом.

3.4.4. Факторы разрушающие организацию.

К таким факторам относятся три группы вредных воздействий:

- внешние (надсистема, природа, человек),

- внутренние (форсирование или случайное взаимоусиление вредных свойств),
- энтропийные (саморазрушение элементов из-за конечности срока жизни).

Внешние факторы разрушают связи, если их мощность превышает мощность внутрисистемных связей.

Внутренние факторы изначально есть в системе, но с течением времени из-за нарушений в структуре их количество увеличивается.

Примеры энтропийных факторов: износ частей (вынос из системы части вещества), перерождение связей (усталость пружин, ржавчина).

3.4.5. Значение эксперимента в процессе улучшения организации.

Эксперимент - это научно поставленный опыт с целью определения "болящего" места в ТС при попытке увеличения ГПФ. Смысл эксперимента: активное вмешательство в функционирование

ТС, создание специальных условий, обстановки (изменение факторов внешней среды) и наблюдение за поведением (результатом) с помощью специальных методов и средств.

Наиболее продуктивен натурный эксперимент, он подходит для подавляющего большинства ТС (кроме крупных и опасных АЭС и т.д.).

Модельный эксперимент приемлем и достоверен лишь для простых систем с хорошо прогнозируемым поведением.

Только натурный эксперимент может дать важнейший побочный продукт — неожиданные результаты, часто приносящие новые знания.

Например, в испытательном полете одного из беспилотных спутников, при отработке вспомогательных двигателей для торможения, спутник неожиданно перешел на другую орбиту и его так и не удалось вернуть на Землю. "Помнится, специалисты были очень огорчены. А С.П. Королев увидел тогда в незапланированном переходе корабля с одной орбиты на другую первый опыт маневрирования в космосе.

- А спускаться на Землю, - сказал помощникам главный конструктор, -

корабли когда надо и куда надо, у нас будут. Как миленькие будут! В следующий раз посадим обязательно.

С того времени "как миленькие" возвратились на Землю многие космические аппараты самого различного научного и народнохозяйственного назначения" (Покровский Б. Заре навстречу. Правда, 1980, 12 июня).

3.5. Системный эффект (качество)

3.5.1. Свойства в системе.

Все элементы в системе и сама система в целом обладают рядом свойств:

1. *Структурно-вещественные* :
свойства вещества,
определяемые его составом,
видом компонентов,
физическими особенностями
(вода, воздух, сталь, бетон).

2. *Структурно-полевые* :
например, вес является
неотъемлемым свойством
любого элемента, магнитные
свойства, цвет.

3. *Функциональные* :
специализированные свойства,
которые могут быть получены
из разных вещественно-

полевых сочетаний, лишь бы они обладали требуемой функцией; например, теплоизоляционные маты.

4. *Системные* : совокупные (интегральные) свойства; в отличие от свойств 1-3 они не равны свойствам элементов, входящих в систему; эти свойства "вдруг" возникают при образовании системы; такая неожиданная прибавка - главный выигрыш при синтезе новой ТС.

Правильнее различать два вида системных прибавок:

- **системный эффект** - непропорционально большое усиление (уменьшение) свойств, имеющихся у элементов,

- **системное качество** - появление нового свойства (надсвойства - вектора имеющихся свойств), которого не было ни у одного из элементов до включения их в систему.

Эту особенность в развитии объективной реальности заметили еще древние мыслители. Например, Аристотель утверждал, что целое

всегда больше суммы входящих в него частей. Богданов А.А.

сформулировал этот тезис для систем: *система обнаруживает некий прирост качеств, по сравнению с исходными дает некое сверхкачество (1912г.)* .

Чтобы точнее определить системный эффект (качество) данной ТС можно воспользоваться простым приемом: надо разделить систему на составные элементы и посмотреть, какое качество (какой эффект) исчезло. Например, отдельно ни одна из самолетных частей летать не может, как не может выполнить свою функцию и " усеченная " система

самолет без крыла, оперения или управления. Это, кстати, убедительный способ доказательства, что все объекты в мире - системы: разделите уголь, сахар, иголку, - на каком этапе деления они перестают быть самими собой, теряют главные признаки? Все они отличаются друг от друга лишь продолжительностью процесса деления - иголка перестает быть иголкой при делении на две части, уголь и сахар - при делении до атома. По-видимому, так называемый диалектический закон перехода количественных изменений в качественные отражает лишь

содержательную сторону более
общего закона - *закона образования
системного эффекта (качества)* .

Пример появления системного
эффекта.

Для доочистки сточных вод
гидролизного завода испытывались два
способа - озонирование и адсорбция; ни
один из способов не давал нужного
результата. Комбинированный способ дал
поразительный эффект. Были достигнуты
требуемые показатели при снижении в 2-5
раз расхода озона и активного угля по
сравнению только с сорбцией или только
с озонированием (Э.И. ВНИИИС
Госстроя СССР, серия 8, 1987, вып. 8,
с.11-15).

В физике (физических эффектах и явлениях) содержится множество примеров появления системных свойств. Например, электромагнитное поле обладает свойством распространения в пространстве на неограниченное расстояние и свойством самосохранения - этими свойствами не обладают электрическое и магнитное поля по отдельности.

Собственно говоря, все естественные науки занимаются ничем иным, как изучением системных законов соединения частей в целое и законов существования и развития этого

целого. Накоплены огромные знания, раскрывающие конкретные механизмы появления сверхкачеств (системных эффектов) в живой и неживой природе - в химии, физике, биологии, геологии, астрономии и т.д. Но до сих пор нет обобщений - общесистемных законов.

3.5.2. Механизм образования системных свойств.

Вот простой "*механический*" пример появления системного свойства:

допустим вам требуется быстро пересечь площадь, заполненную толпой людей;

ясно, что вы потратите уйму сил и времени на преодоление "*трения о толпу*". Теперь представьте, что толпа по команде образовала какую-либо упорядоченную структуру (например, выстроилась рядами), тогда сопротивление бегущему между рядов практически исчезнет.

А. Богданов рассуждает следующим образом:

"Наиболее типичный пример - интерференция волн: если волны совпадают, то две вибрации дают четверную силу, если не совпадают, то свет + свет дает теплоту. Средний случай: подъем одной волны совпадет наполовину с подъемом и наполовину с понижением - в результате простое сложение, сумма

слагаемых: сила света двойная. От способа сочетания (связи, соединения) зависит увеличение-уменьшение суммы свойств системы" (Всеобщая организационная наука. (Тектология), т.2. Механизм расхождения и дезорганизации. Товарищество "Книгоиздательство писателей в Москве", М., типогр. Я.Г.Сазонова, 1917, с.11).

Еще один пример: скорость звука в жидкости, например в воде, составляет около 1500 м/сек, в газе (воздухе) 340 м/сек; а в газо-водяной смеси (5 % объемных пузырьков газа) скорость падает до 30-100 м/сек.

Любой элемент обладает многими свойствами. Одни из этих свойств при формировании связей

подавляются, другие, напротив, приобретают отчетливое выражение; или: одни свойства складываются, другие нейтрализуются. Возможны три случая возникновения системного эффекта (качества):

- положительные свойства складываются, взаимоусиливаются, отрицательные остаются неизменными (цепь, пружина);
- положительные свойства складываются, а отрицательные взаимно уничтожаются (два солдата, прижавшись спинами, образуют круговую оборону,

вредные "спинные" свойства исчезли);

к сумме положительных свойств добавляются обращенные отрицательные свойства (вред, обращенный в пользу).

4. ЗАКОНЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

4.1.Общая часть

4.2.Законы как основа ТРТС

4.3.Закон полноты частей системы

4.3.1.Формулировка и основные
понятия_

4.3.2.Критерий определения
технических систем среди других
технических объектов

4.3.3.Примеры правильного
определения частей системы

4.4.Закон "энергетической
проводимости" системы

4.4.1. Формулировка и основные
правила применени

4.4.2. Особенности использования
закона при решении
изобретательских задач

4.5.Закон согласования ритмики
частей системы

- 4.5.1. Формулировка и общие понятия _
- 4.5.2. Использование резонанса
- 4.5.3. Согласование (рассогласование) ритмики работы частей системы
- 4.5.4. Предотвращение или нейтрализация резонанса
- 4.5.5. Явление самосинхронизации вращающихся тел: вред и польза
- 4.5.6. Согласование (рассогласование) частоты используемых полей
- 4.5.7. Действие в паузах
- 4.5.8. Использование колебаний и резонанса в задачах на измерение (обнаружение)

4.6. Закон динамизации технических систем

4.6.1. Формулировка закона и
основные правила его применения_

4.6.2. Использование закона в
изобретательской практике

4.7.Закон увеличения степени вепольности систем

4.7.1. Формулировка закона и
основные направления усложнения
систем

4.7.2. Образование цепного веполя_

4.7.3. Образование двойного веполя_

4.8.Закон неравномерности развития систем

4.9.Закон перехода с макро- на микроуровень

- 4.9.1. Формулировка закона и основные направления его применения при развитии систем
- 4.9.2. Увеличение степени дробления вещества и объединение дробных частей в новую систему
- 4.9.3. Увеличение степени дробления "смеси" вещества с пустотой (переход к КПМ)
- 4.9.4. Замена вещественной части системы на полевую

4.10. Закон перехода в надсистему

- 4.10.1. Формулировка закона и основные направления образования надсистем
- 4.10.2. Образование и развитие би-систем

4.10.3. Образование и развитие поли- систем

4.11. Закон увеличения степени идеальности

4.11.1. Формулировка закона и основные понятия_

4.11.2. Возникновение потребности и связанный с этим процесс увеличения ГПФ

4.11.3. Развертывание вещества в технической системе

4.11.4. Свертывание систем - общий вид процесса

4.1. Общая часть

Законы развития технических систем, на которых базируются все основные механизмы решения изобретательских задач, впервые сформулированы Г.С. Альтшуллером в книге " *Творчество как точная наука* " (М.: " Советское радио ", 1979, с.122-127):

1. *Закон полноты частей системы.*
2. *Закон "энергетической проводимости" системы.*
3. *Закон согласования ритмики частей системы.*
4. *Закон увеличения степени идеальности системы.*

5. *Закон неравномерности развития частей системы.*
6. *Закон перехода в надсистему.*
7. *Закон перехода с макроуровня на микроуровень.*
8. *Закон увеличения степени выполненности.*

Законы были сгруппированы в три блока, условно названные:

"статика" (законы 1-3),
"кинематика" (4-6),
"динамика"(7,8).

Можно заметить определенную связь этих групп с моделью " жизни, развития, смерти " технических

систем - S -образной кривой (*ссылка - ДК*), которая была использована Г.С. Альтшуллером для иллюстрации эволюционных процессов в технике. Законы "*статики*" характерны для периода возникновения и формирования ТС, законы "*кинематики*" для периода начала роста и расцвета развития, законы "*динамики*" для завершающего этапа развития и перехода к новой системе.

В дальнейшем был сформулирован (Г.С. Альтшуллер. Найти идею. Новосибирск, "*Наука*", 1986, с.59) еще один закон из группы "*кинематики*":

9. Закон увеличения степени динамичности систем.

В этой же книге более подробно детализирован закон увеличения степени вепольности (с.79) и изложен новый механизм закона перехода в надсистему - линия развития " *моно-би-поли* " (с. 90-97); предпринята также попытка составления общей схемы развития ТС (с. 100-120) - на основе линии " *моно-би-поли* " и предположения о ее спиралеобразной форме.

В данной работе законы развития ТС излагаются, в основном, в

формулировках предложенных Г.С. Альтшуллером.

Общая схема развития ТС (модель эволюции техники) разработана на основе нашей предыдущей работы 1984 года (Саламатов Ю.П., Кондраков И.М. "Идеализация технических систем. Исследование и разработка пространственно-временной модели эволюции технических систем (модель "бегущей волны идеализации") на примере развития ТС "Тепловая труба". Рукопись, Красноярск, 1984 г.).

4.2. Законы как основа ТРТС

Процесс развития техники - это равнодействующая сознательной человеческой деятельности, а человек действует в соответствии с объективными законами мира (даже если и не догадывается об этом), то есть развитие техники объективно и закономерно .

Следовательно эти законы можно познать и целенаправленно использовать. Это аксиома (постулат, основной принцип, главная идея), лежащая в основе создающейся теории развития технических систем (ТРТС) .

В общем смысле любая научная теория, как система знаний, должна объяснять возникновение и функционирование, а также предсказывать развитие каких-либо объектов (предметов, явлений, понятий) действительности. Причем, эта система знаний обязательно должна поддаваться экспериментальной, практической проверке. Все это уже сейчас присуще ТРТС и многократно подтверждено в изобретательской и конструкторской практике.

Основной принцип ТРТС конкретизирован в законах, которые в свою очередь раскрываются и

детализируются в правилах их применения, в стандартах, принципах разрешения противоречий, в полном анализе и АРИЗе.

Любая теория - это лишь отражение (в той или иной степени точности) многообразности, сложности и противоречивости реальных процессов развития. В этом смысле процесс познания бесконечен и постоянное выдвижение новых версий, гипотез и умозаключений - естественное состояние развивающейся теории. Однако логика развития реальных систем - главный ограничитель логико-

теоретических построений; отсюда
вытекает обязательность
практической проверки любых
суждений и предположений.

Системные законы принято делить
на четыре группы:

- *законы
структурообразования ,
формулирующие условия
возникновения структур;*
- *законы функционирования ,
объясняющие условия
возникновения и развития
связей и организации;*

- *законы развития* ,
объясняющие движущие силы и механизмы преобразования систем через возникновение и разрешение противоречий;
- *законы взаимодействия* с другими системами, с подсистемами и внешней средой.

**Закон развития ТС - это
существенное, устойчивое,
повторяющееся отношение между
элементами внутри системы и с
внешней средой в процессе
прогрессивного развития, то есть**

перехода системы от одного состояния к другому с целью увеличения ее полезной функции.

Законы выявляются при анализе больших групп фактов (изобретения из патентного фонда, историко-технические исследования). Однако в технике законы действуют как стихийная сила и никогда нет уверенности, что в отобранную группу фактов (малый осколок действительности) попали устойчивые, не случайные и существенные системные отношения. Поэтому познание законов вынужденно идет методом последовательного приближения:

отбор сильных изобретений (технических решений), выявление приемов разрешения технических противоречий, выделение устойчивых сочетаний приемов и физэффектов, а затем стандартных шагов в развитии технических систем. На всех этапах исследования невозможно исключить субъективные факторы (вкусовой подход, индивидуальность оценки, отсутствие количественных критериев).

Единственный всеобъемлющий качественный критерий прогрессивности изменений в

развитии любой технической системы - *идеальность* .

Повышение степени идеальности - ориентир в безбрежном море информации о техносфере.

Главенствующая роль закона идеализации ТС видна во всех механизмах ТРИЗ и именно этот закон определяет наиболее общие тенденции развития техники. В сущности, все остальные законы являются конкретными воплощениями этого главного закона на разных стадиях развития ТС.

4.3. Закон полноты частей системы

4.3.1. Формулировка и основные понятия.

Необходимым условием принципиальной жизнеспособности технической системы является наличие и минимальная работоспособность основных частей системы.

Каждая ТС должна включать четыре части: двигатель, трансмиссию, рабочий орган и орган управления.

Для синтеза ТС необходимо наличие этих четырех частей и их минимальная пригодность к выполнению функций системы. Если хотя бы одна часть отсутствует, то это еще не ТС; если хотя бы одна не работоспособна, то ТС не "выживет".

Рис.

Все первые ТС развились из орудий труда: требовалось увеличение полезной функции рабочих процессов, а человек не мог обеспечить нужную мощность. Тогда сила человека заменилась двигателем, появилась трансмиссия

(связь, по которой передается энергия от двигателя на рабочий орган) и орудие труда превращалось в рабочий орган машины. А человек выполнял только роль органа управления.

Рис.

Например, мотыга и человек это не ТС. Возникновение ТС связано с изобретением плуга в неолите: плуг (рабочий орган) бороздит землю, дышло (трансмиссия) припрягается к скоту (двигателю), а рукоятью плуга управляет человек (орган управления). Сначала плугом только рыхлили. Претензии внешней среды (например, параметры почвы: твердость, влажность, глубина) заставляли искать наилучшую форму

плуга. Затем увеличилась потребность: для уничтожения сорняков пласт надо не только рыхлить, но и переворачивать. Изобрели отвал (косо поставленная доска, в которую упирается поднятый лемехом пласт и валится набок). Развиваясь отвал приобретает плавную выгнутую форму (полуцилиндрическую или винтовую). В 18 в. появился цельнометаллический плуг, в 20 в. - трактор и т.д.

А вот как плуг превратился в сеялку. Римские крестьяне (III в. до н.э.) уже пользовались сеялкой - прообразом многорядной сеялки Джеймса Кука, изобретенной им в 1783 г. Четыре деревянных лемеха соединялись прочной перекладиной. Глиняный воронкообразный горшок для посевного материала крепился сверху на четырех

полых бамбуковых палках (трубках).
Пахарь время от времени пополнял
бункер зерном из наплечного мешка.
Приходилось постукивать по бамбуку,
чтобы внутри семена не "зависали".

Рис.

*Римская сеялка (III в. до н.э.),
Калькутский музей техники и
ремесел.*

Если подробно рассмотреть процесс
превращения орудий труда в рабочие
органы машин, то можно выделить
основные части машин: например, в
водяной мельнице - двигатель
(водяное колесо), передачу
(зацепление) и рабочий орган

(жернова). Кроме того, становится заметной одна из главных особенностей развития техники - вытеснение человека из сферы производства. Человек вытесняется из ТС в орган управления, затем ОУ также превращается из инструмента в техническую систему и человек вытесняется за ее пределы (на "второй этаж" органа управления) и т.д.

В первом издании "Детской энциклопедии" (том 5 "Техника". Издательство академии педагогических наук РСФСР, М., 1960г., с.30) приводится такая

характеристика технической системы:

"Машина состоит из следующих основных частей:

- а) двигателя - источника механической энергии;
- б) исполнительных (рабочих) органов, непосредственно выполняющих полезную работу;
- в) передаточных механизмов (трансмиссий), преобразующих движение передаваемое от двигателя к рабочим органам;
- г) системы управления;
- д) остова (станины, корпуса, рамы), представляющих собой основание, на котором расположены все части машины".

4.3.2. Критерий определения технических систем среди других технических объектов.

Итак, *ТС появляется, как только технический объект приобретает способность выполнять ГПФ без человека, т.е. когда к рабочему органу "пристраивается", вместо человека, трансмиссия и двигатель*

. Причем двигатель не следует путать с источником энергии (они совпадают, но не всегда) энергия может поступать извне (в том числе от человека), в двигателе она преобразуется в нужный для ТС вид.

Рис.

Знание закона позволяет безошибочно определить является ли данная совокупность элементов технической системой.

Например, лук - это ТС, т.к. здесь имеются в наличии РО (стрела), Тр (тетива), Дв (натянутая тетива и согнутая дуга). а человек - источник энергии и орган управления. Заметьте, что один из элементов (тетива) выполняет двойную функцию (Тр и Дв) эта особенность (совмещение функций) часто встречается на первом этапе развертывания ТС (превращения в сложную систему) и на этапе свертывания ТС (далеко отстоящем от начала этапе "упрощения" системы

путем замены подсистем и самой ТС
"умным" веществом).

О свертывании ТС речь впереди. А пока приведем примеры частичного совмещения функций элементов ТС:

в задаче об измерении высоты пещеры шарик (Дв), нитка (Тр и РО - измеритель высоты), человек (ОУ);

в задаче о контроле целостности зуба бура бурового инструмента - сила ломающая ампулу (ОУ, "включающий" запаховое вещество), запаховое вещество (РО), поток восходящих газов (Тр и Дв), нос человека (изделие, которое "обрабатывается" рабочим органом).

Если в схему включить изделие, то получим полную принципиальную

схему работающей ТС:

Рис.

Пунктиром обведен состав минимальной работоспособной ТС, обеспечивающий ее жизнеспособность.

Следствие из закона 1 : чтобы ТС была управляемой, необходимо, чтобы хотя бы одна ее часть была управляемой.

Быть управляемой - значит менять свои свойства (параметры) так, как это надо тому, кто управляет.

Например, воздушный шар (аэростат) для вертикального подъема - это управляемая ТС, т.к. с помощью клапана, выпускающего газ из шара, и мешков с песком (балласта) мы можем, хотя и плохо, управлять подъемом и опусканием шара. Но стоит предъявить к шару повышенные требования - попытаться увеличить полезную функцию за счет движения по горизонтали, как шар превратится в неуправляемую ТС. Аэростат останется неуправляемым воздушным поплавком до тех пор, пока в ТС не будет введен дополнительный управляемый элемент, например, двигатель с винтом.

Рассматриваемое определение ТС шире, чем понятие веполя. Веполю - модель минимальной ТС, в которой

отражается "борьба" и взаимодействие полей и веществ (этого достаточно лишь для нахождения идеи ответа). Реальные же ТС должны двигаться, обрабатывать изделия или информацию, преобразовывать энергию и т.д., поэтому при переходе от модели к "натуральной" системе требуется введение всех частей системы.

Рис.

4.3.3. Примеры правильного определения частей системы.

При анализе технических систем не всегда возможно без затруднений и четко определить части системы.

Полезно при определении частей задаваться вопросами:

- что обрабатывается? - изделие,
- куда подводится энергия? - к РО,
- через что подводится энергия? - Тр,
- от чего подводится энергия? - Дв,
- источник энергии для двигателя? - ИЭ.

Пример : винтовка.

- Что обрабатывается? - пуля,
- куда подводится энергия? - пуля,
- через что подводится энергия? - ствол,
- от чего подводится? - пороховые газы,
- источник энергии? - химическая реакция (взрыв пороха).

Здесь две ошибки.

1. Неверно определено изделие.
Здесь изделие вне технической

системы, это мишень. Пуля - рабочий орган.

2. Неверно определена трансмиссия. Энергия на рабочий орган передается газами - это Тр и одновременно двигатель (газы преобразуют энергию взрыва в поступательное движение); ствол - часть двигателя, канализует поток газов.

**Структурная схема ТС винтовка:
основные части**

Рис.

1 - ствол, 2 - казенная часть, 3 - приклад, 4 -
прицел, 5 - камора, 6 - затвор, 7 - пуля, 8 -
гильза, 9 - мушка, 10 - рамка, 11- спусковой
крючок

Иерархическая структура ТС- винтовка:

Рис.

Пример : шприц.

Уже при ответе на первый вопрос (что
обрабатывается?) возникают затруднения:

- тело (организм) обрабатывается
лекарством (жидкостью),
- жидкость выталкивается
(обрабатывается) поршнем,

- игла прокалывает (обрабатывает) кожный покров.

Как быть в этом случае?

Напомним, что каждая ТС имеет определенную ГПФ, которая отражает потребность в этой ТС. ГПФ шприца - введение лекарства (жидкости) под кожный покров.

Поэтому для более точного определения рабочего органа необходимо задавать два встречных вопроса:

Рис.

Оба вопроса "замыкаются" на рабочем органе.

Что в шприце выполняет ГПФ, то есть вводит жидкость, выталкивает (обрабатывает) ее? - поршень.

К чему подводится энергия? - к поршню и далее, к жидкости.

Значит РО поршень, изделие жидкость.

Остальные части: Тр - шток, Дв - шток (выравнивает движение пальца, преобразует поступательное движение), ИЭ - рука человека, цилиндр - часть двигателя, канализует движение штока и поршня.

Рис.

Рис. 9 . Шприц, техническая система

1 - жидкость, 2 - кожный покров, 3 - игла, 4 - канюля, 5 - жидкость, 6 - поршень, 7 - шток, 8 - цилиндр.

А как быть с иглой? - на первый взгляд это явный РО. Да, это РО, но из другой, вспомогательной системы это подсистема для прокалывания кожного покрова. Игла (РО), канюля и цилиндр (Тр) и рука человека (Дв + ИЭ) это инструмент для обработки кожного покрова (Изд). Игла, как вспомогательный элемент исчезает первой в процессе развития ТС - в инъекционном пистолете иглы нет.

Пример : настольная лампа.

Что здесь РО? Вначале определим ГПФ:
освещать рабочую поверхность стола.
Что выполняет ГПФ? - свет, оптическое
излучение нити накала;

Куда подводится энергия? - к нити накала
и далее к свету (электромагнитному
полю в видимой части спектра).

Значит РО - свет (ЭМ-поле).

Нить накала - это Тр и Дв (преобразует
электрический ток в тепловую и далее
в энергию излучения).

Изделие - поверхность стола. Абажур
часть рабочего органа - канализует
поток света.

Пример : калорифер.

Какова ГПФ этой системы? Нагрев
воздуха? - Нет,

ГПФ: производство тепла (тепловое поле
это РО).

*Первый закон элементарен и
очевиден . Любая ТС должна иметь
четыре части, все части должны быть*

работоспособными и хотя бы одна из них хорошо управляемой. Однако при создании и совершенствовании ТС он часто нарушается.

Законы техники, к сожалению, можно нарушать, в отличие, например, от физических законов, нарушить которые невозможно при всем желании, или юридических, нарушение которых наказуемо.

4.4. Закон "энергетической проводимости" системы

4.4.1. Формулировка и основные правила применения при

развитии ТС.

Необходимым условием принципиальной жизнеспособности технической системы является сквозной проход энергии по всем частям системы.

Следствие из закона 2 : чтобы часть системы была управляемой, необходимо обеспечить энергетическую проводимость между этой частью и органом управления.

Любая ТС является проводником и преобразователем энергии. Если энергия не будет проходить сквозь

всю систему, то есть " *застрянет* " где-то, то какая-то часть ТС не будет получать энергию, значит не будет и работать. Энергия, поступающая извне или вырабатываемая в двигателе, идет на обеспечение работы самой ТС (всех частей), на компенсацию потерь, на измерение (контроль) параметров работы частей системы и обрабатываемого изделия. Таким образом, надо всегда стремиться к тому, чтобы ТС была не только хорошим проводником энергии, но и обеспечивала бы минимальные потери энергии (потери при преобразовании,

бесполезные отходы, унос с изделием).

Передача энергии от одной части ТС к другой может быть *вещественной* (вал, шестерня, удар чем-то и т.д.), *полевой* (магнитное поле, электрический ток и т.д.) и *вещественно-полевой* (например, поток заряженных частиц). Многие задачи сводятся к подбору поля и вида передачи, эффективных в данных условиях.

При этом следует руководствоваться тремя правилами:

1. при синтезе ТС надо стремиться к использованию одного поля (одного вида энергии) на все процессы работы и управления в системе.

При развитии ТС (развертывании) любые новые подсистемы должны работать на энергии, проходящей сквозь систему или на бесплатной энергии (из внешней среды или в виде отходов от другой системы).

Например, разработанный в Японии способ использования

ветровой энергии для обогрева парников (" *Знание-сила* ", 1988, № 3, с. 91)

предусматривает превращение этой энергии непосредственно в тепло, минуя промежуточную стадию получения электроэнергии (ветросиловая установка вращает колесо компрессора, который сжимает воздух и благодаря этому нагревает его до 170 град.). Такое прямое превращение энергии дало сенсационные результаты: оно оказалось в 6 раз (!) эффективнее, чем

прежний метод с
использованием электричества.

2. Если ТС состоит из веществ, менять которые нельзя, то используется поле, которое хорошо проводится веществами системы.

3. Если вещества частей системы можно менять, то плохо управляемое поле заменяют на хорошо управляемое по цепочке:

Рис.

Одновременно заменяют вещества или вводят в них добавки,

обеспечивающие хорошую проводимость энергии (вещества должны быть "прозрачными" для выбранного поля).

Поиск наиболее эффективных сочетаний полей и веществ, переход к легко управляемым полям и подбор восприимчивых к ним веществ идет в стихийном изобретательстве запутанными и переплетающимися путями. Но наиболее прогрессивные технические решения (*повышающие идеальность системы*) всегда лежат в конце приведенной выше цепочки.

Вот изобретения одного десятилетия (1970-е годы) по подклассу

"Механизм ударного действия для забивки свай" (способы передачи удара в системе "рабочее тело (боек) - головка сваи"):

- а.с. 258 123 - гидравлическая передача;
- а.с. 607 885 - пневматическая передача;
- а.с. 633 981, 647 405 - электромагнитная передача (разгон бойка в соленоиде),
- а.с. 274 718 - электрогидравлический удар (использование эффекта Юткина);
- а.с. 246 396 - электромагнитный молот, в котором боек заполнен внутри немагнитным материалом для увеличения массы;
- а.с. 390 231 - поверхностный слой головки бетонной сваи пропитывается электролитом, бетон становится

проводником - вместо бойка
"разгоняется" сама свая.

Все изобретательские задачи в технике делятся на два типа: *задачи на изменение ТС (синтез, развитие) и задачи на измерение ТС (обнаружение, контроль параметров).*

В задачах *первого типа* направление движения энергии всегда от источника энергии (двигателя) через трансмиссию к рабочему органу и далее к изделию. В *задачах второго типа*, наоборот, требуется ловить информацию (то есть энергию или изменение энергии), исходящую от

"изделия", то есть той части ТС или любого процесса в природе и технике, которую (или который) мы измеряем (обнаруживаем, контролируем). Таким образом, энергия движется в направлении от Изделия к Датчику (вместо рабочего органа), далее через Трансмиссию к Преобразователю (вместо двигателя) и, наконец к Приемнику энергии (вместо ИЭ), в качестве которого обычно используется показывающий прибор (сигнализатор) или исполнительный орган.

Рис.

В случае появления *обратной связи* орган управления вытесняется из данной ТС на следующий этаж управления.

Часто энергия, улавливаемая датчиком, подведена к изделию от этой же ТС, проходит сквозь изделие, "просвечивает" его, отражается, вызывает появление энергии другого вида или природы. Поэтому здесь система играет двойную роль - воздействует на изделие и контролирует (измеряет) его. Такой измерительный блок может состоять из двух систем или одной системы, выполняющей обе функции.

Последовательность вопросов на применение закона при решении изобретательских задач:

- есть ли в ТС сквозной проход энергии?,
- существует ли хорошая проводимость между частями ТС и ОУ?,
- какое поле лучше всего проводят вещества в ТС?,
- можно ли применить более управляемое поле?,
- какое поле лучше всего использовать для новой ПС -

имеющееся или даровое?

Дополнительные вопросы для измерительных задач:

- какую энергию проще подвести к Изд.?,

какую проще вывести и передать к ПЭ?

4.4.2. Особенности использования закона при решении изобретательских задач.

Задача 1. При массовом применении роботов участились случаи их "бунта", неповиновения, непредусмотренных движений и

действий, могущих привести к аварийным ситуациям. Причины: ложные срабатывания датчиков, внезапные неисправности в "мозгах" роботов. Допустим, оператор заметил, что назревает явная авария. Как с безопасного расстояния усмирить робота - мгновенно остановить его, изменить программу или вообще выключить?

Решим эту задачу с точки зрения правильной энергетической проводимости. Существует ли хорошая проводимость между частями ТС (робота) и органом управления (человеком)? Нет, в этом-то, как раз, и состоит задача: как эффективно

управлять роботом на расстоянии
(выключать его)?

Любые механические манипуляции (рубильники, кнопки и пр.) следует сразу отвергнуть - на них нет времени. Нужна мгновенная связь - раз! и выключил. Здесь подходит только электромагнитное поле, оно действует на расстоянии. У оператора имеется микропередатчик с излучателем света - светодиодом (как маленькая красная лампочка) - нажал кнопку и закодированный сигнал выключит робота или подаст ему любую другую команду. Но тут же возникает другая проблема: как точно (и быстро) попасть светом в приемное "окно" робота? Найдено остроумное решение - микропередатчик вмонтирован в очки оператора, для наводки достаточно

посмотреть на работа (глаза наводятся
очень точно!).

Следующую задачу вы решите теперь
не задумываясь.

Задача 2. Для пожарных машин и
машин "Скорой помощи",
спешащих на вызов, дорога каждая
секунда. А если на светофоре
горит красный свет? Тогда им
приходится или терять
драгоценное время или мчаться
наперерез машинам, создавая
опасную ситуацию. Как быть?

На радиаторах этих машин
устанавливается дополнительная фара,
испускающая инфракрасные лучи.

Детектор (приемник) на светофоре, приняв сигнал от машины, включит зеленый свет или задержит его переключение, если он уже горит, пока машина не минует перекресток. Дальность действия фары 500 м.

В США испытывается система, позволяющая снимать показания с домашних счетчиков электроэнергии, газа и воды, просто проезжая по улице на машине, счетчики оборудуются маломощными приемо-передатчиками, которые в ответ на сигнал из проезжающего микроавтобуса выдают в эфир кодированные данные о показаниях счетчика и номер потребителя.

Компьютер, установленный в фургончике, запоминает данные. За рабочий день так можно снять показания с 24 тысяч счетчиков. Это в 80 раз

быстрее и в 2-3 раза дешевле, чем сбор данных контролерами-обходчиками ("Наука и жизнь", 1988, № 6, с. 68).

Одна из самых впечатляющих разработок последних лет - способ индивидуальной маркировки радиодеталей при их серийном выпуске (Институт физики и неорганической химии АН БССР). Само производство деталей высоко автоматизировано, достигнуты огромные скорости линии. Но на участке маркировки затор; ни одна из известных установок не справляется с такими объемами. Предложенный способ (НТР проблемы и решения, 1978, № 21, с. 2) основан на использовании маломощного короткоимпульсного ИК - лазера и полимера с повышенной светочувствительностью для получения четкого и стойкого изображения. В

процессе изготовления детали измеряются ее характеристики (абсолютно одинаковых деталей не бывает) и тут же мгновенно маркируется (лазер управляется микропроцессором).

Приемники инфракрасного излучения перед дверями лифта фиксируют тепловое излучение пассажиров и эти данные поступают в ЭВМ, которая подает кабину на тот этаж, где больше ожидающих. Использован бесплатный ресурс - тепло людей. В результате эффективность эксплуатации лифта возрастает на 20 процентов ("Химия и жизнь", 1984, № 9, с. 23).

А.с. 1 004 127: Способ сварки термопластичных пленок инфракрасным излучением, по которому для увеличения скорости и повышения качества сварного

шва, перед нагревом на пленку наносят светочувствительный слой, соответствующий по размерам и конфигурации свариваемому шву.

Задача 3. Большие помещения (склады, ангары и т.п.) нет смысла отапливать зимой, так как они редко посещаются людьми, а хранящимся в них деталям и машинам холод не причиняет вреда. Но иногда людям приходится довольно долго работать в этих помещениях и при этом выполнять действия, требующие точных и быстрых движений. Теплая одежда мешает, сковывает движения. Снять ее

невозможно - холодно!, а работать в ней неудобно. Как быть?

Давно возникла идея снабжать человека индивидуальным подогревом (спираль, вшитая в тонкую рабочую одежду), это намного выгоднее обогрева всего помещения. Но быть подключенным к источнику тока или носить его с собой крайне неудобно. Идеальнее было бы решение, когда "изделие" (человек) обрабатывалось бы на расстоянии.

Энергия должна проходить к человеку сквозь воздух, без потерь (не нагревая воздух и другие предметы). Какое поле без потерь проходит через воздух?

Электромагнитное - можно использовать инфракрасные лучи (ИК-нагрев) или радиоволны сверхвысокой частоты (СВЧ-нагрев). Например, недавно в США проведены исследования по обогреву

человека СВЧ-излучением с длиной волны 1 см: излучение поглощается молекулами воды в подкожном слое и возникающие тепловые ощущения такие же, как обычно; для обогрева квартиры достаточно всего 60 Вт, то есть энергии, расходуемой одной электролампочкой. Эта идея, кстати, была описана А.Беляевым в научно-фантастической повести "Изобретения профессора Вагнера" (1928 г.).

Способ можно использовать и с другой целью: например, в ФРГ выпускается ИК-излучатель для защиты помещений (столовых, кондитерских и т.п.) от мух и других насекомых; излучение безвредно для человека, но полностью уничтожает насекомых на площади 250 кв.м.

Изобретен также утюг с ИК-нагревом (а.с. 538 074): на внутреннюю стенку корпуса нанесено светоотражающее покрытие, а подошва прозрачная; утюгом можно гладить сразу после включения.

Та же идея использована в конструкции радиационного паяльника (а.с. 1 081 605, 1 227 928), который способен разогревать под пайку (или под отжиг, или пластмассу и др.) участок платы, не касаясь его: прогревается пятно диаметром 5-15 мм до температуры 1300 град.

В Англии разработана теплица с обогревом микроволнами не воздуха, а непосредственно растений. Такой способ обогрева обходится вдесятеро дешевле, чем сжигаемые нефтепродукты. Пришлось, правда, несколько изменить

конструкцию остекления: на зиму стекла закрываются пластмассовыми шторками с напыленным тонким слоем металла (бронза, цинк) для отражения микроволн внутрь теплицы и пропускания солнечного света ("Изобретатель и рационализатор", 1987, № 12, с. 19). Сообщается также об использовании малоомощных микроволновых обогревателей в птичниках ("Химия и жизнь", 1988, № 9, с.127).

Определенным энергетическим "дальнодействием" обладают и другие сочетания электрических и магнитных полей, например, можно эффективно использовать индукционные токи и электродинамические силы.

Задача 4. Для получения образцов сверхчистых сплавов на основе

тугоплавких материалов - вольфрама, карбидов титана, циркония, ниобия и вольфрама с температурой плавления в 3000-4000 град, не подходит обычный способ плавки в тиглях. Любой тигель при таких температурах сильно загрязнит сплав. Как быть?

Поскольку подходящих тиглей не существует, ученые попросту отказались от них (А.Фогель, В.Смирнов, В.Федоров. Получение высоких температур при плавке металлов во взвешенном состоянии в атмосфере инертного газа. "Известия АН СССР, металлы", 1975, № 9). Расплавленная капля в их установке парит ни к чему не прикасаясь над высокочастотным индуктором: наводимые проплавляемой навеской

вихревые токи не только нагревают ее, но и не дают ей упасть (по закону Ленца наведенные токи стремятся предотвратить всякое изменение магнитного потока).

Висеть в поле индуктора может, естественно, не только расплавленная капля, но и любой электропроводный материал. Меняя напряженность, частоту, давление и другие характеристики переменного магнитного поля можно перемещать деталь в пределах некоторого пространства действия поля индуктора. Если же детали (заготовке) некуда будет двигаться, то она будет деформироваться под действием электродинамических сил (два проводника со встречными токами отталкиваются).

Задача 5. Для укупорки бутылок используются алюминиевые колпачки, которые обжимаются вокруг горлышка специальными роликами из инструментальной стали. Ролики (от 3 до 6) забраны в специальную головку, состоящую из сорока деталей, требующих при сборке точности часового механизма. Механизм закатывает колпачок около 2 сек. на одной бутылке. Стекло подвергается значительным давлениям, часть сосудов не выдерживает, скалывается венчик горлышка. Поэтому бутылки вынужденно делают

толстостенными, тяжелыми, что увеличивает расходы на транспортировку. Другой распространенный вид брака - недостаточная герметичность пробки. Требуется предложить идею нового способа укупорки бутылок теми же колпачками. Способ должен обеспечивать производительность в 100 - 1000 раз больше, чем прежний, и не ломать стекло при значительно больших отклонениях геометрических размеров горлышка и неровностях на его поверхностях. Что бы вы предложили?

Еще в 1924 году П.Л.Капица, исследовавший свойства сильных магнитных полей, высказал идею о возможности использования в промышленности электродинамических сил для деформирования металлических заготовок. С 60-х годов этот способ применяется в авиационной и автомобильной промышленности.

По а.с. 455 066, 848 466 предложено устройство магнитного формования для укупорки бутылок, в котором нет движущихся частей, а точность и аккуратность обработки заготовок сравнима с газостатической штамповкой. Скорость укупорки одной бутылки 0,0001 с. ("Изобретатель и рационализатор", 1983, № 7, с. 15).

Разработан также способ электродинамической сепарации твердых бытовых отходов с целью извлечения из них лома цветных металлов. Технология предусматривает подачу исходной смеси в рабочую зону, воздействия на нее бегущим магнитным полем, разгрузку продуктов разделения. Для более полного извлечения частиц металла воздействие магнитным полем осуществляют в противоположных направлениях в плоскости, перпендикулярной плоскости движения исходной смеси (а.с. 934 600). В системе должна быть также хорошая проводимость и для отходов энергии, например, быстрый отвод теплоты трения для предотвращения перегрева ТС. Остроумно применила это правило, но с прямо противоположными целями группа

антифашистов и советских военнопленных, работавшая в войну на заводе фирмы "Даймлер-Бенц". Завод выпускал двигатели, часть которых была запрограммирована на аварию через определенное время работы. Ни одна проверка органов технического контроля Германии не смогла установить истинной причины и группа так и не была раскрыта. Суть введенного на заводе дефекта состояла в том, что после некоторой наработки двигателя прекращалась подача масла к шатунному подшипнику одного из поршней, подшипник перегревался и происходил отрыв шатуна с поршнем.

Две задачи на измерение с использованием уже имеющихся в ТС или даровых полей.

Задача 6. Требуется предложить идею простейшего прибора для прогнозирования ураганов, бурь, штормов.

Конечно же, здесь надо использовать поле, исходящее от очага возникновения урагана. Какое? Еще А.С.Попов ответил на этот вопрос. Его "грозоотметчик" успешно регистрировал атмосферные электрические разряды. Этот же принцип использован в приборе Института физики Земли АН СССР проволока-антенна улавливает электромагнитное излучение, образующееся при зарождении сильных атмосферных вихрей, и от наведенного электрического тока звенит звонок. Необыкновенно просто ураган сам звонит в звонок, извещая о своем приближении.

Задача 7. Крупные энергетические установки опутаны хитросплетением труб и трубочек, каждая из которых периодически проверяется на герметичность. Для этого в трубы подают гелий и к каждому сварному шву, соединению прикладывают датчик специального газоанализатора. Метод этот затяжной и неэффективный приходится наугад тыкать датчиком во все места в поисках утечек гелия. Кроме того, гелий дорогой газ, хранится он в громоздких баллонах, их надо перетаскивать и т.д. Хорошо бы

использовать воздух, но как определить место его выхода, ведь кругом тоже воздух.

В задаче содержится сильный заряд психинергии: раз гелий анализировали, значит и для воздуха надо искать "хитрый" способ анализа. В то время как проще всего использовать бесплатное поле, возникающее при выходе воздуха из микротрещин звуковое (свист). По а.с. 1201704 предложено определять место утечки микрофоном на длинном щупе, свист отчетливо слышен в наушниках, а вес приборчика всего несколько сот грамм. На том же принципе основан разработанный в ФРГ прибор ("Юный техник", 1986, № 10, с.33) для определения с точностью до 1 м места утечки воды в городских водопроводных сетях с глубиной заложения до 5 метров.

4.5. Закон согласования ритмики частей системы

4.5.1. Формулировка и общие понятия.

Необходимым условием принципиальной жизнеспособности технической системы является согласование (или сознательное рассогласование) частоты колебаний (периодичности работы) всех частей системы.

Хорошо работают, а значит и жизнеспособны только системы, в

которых вид колебаний подобран так, чтобы части системы не мешали друг другу и наилучшим образом выполняли полезную функцию.

Различают два вида колебаний собственные и вынужденные, то есть часть систем может колебаться "как ей хочется" или "как ее заставит" колебаться внешняя сила. Частота собственных колебаний неотъемлемое свойство любой части системы, оно зависит только от характеристик самого объекта (например, от размеров, массы и упругости частей в механических системах, от емкостных и индукционных характеристик в

электрических системах). Но самое интересное наступает, когда частота внешних силовых (полевых) воздействий совпадает с собственной частотой колебаний это хорошо всем знакомый резонанс.

Резонанс может быть и полезным, и вредным. Значит, для того, чтобы улучшить работу системы надо или согласовать колебания частей или, наоборот, рассогласовать их.

Использование резонанса (или предупреждение его появления) чрезвычайно выгодный прием улучшение работы ТС достигается простым изменением элементов (размеров, массы, частоты), в

систему ничего не надо вводить нового. Между тем этот закон часто нарушается есть множество технических решений, в которых ритмика не согласована или согласована во вредном сочетании. Поэтому большой класс задач связан с необходимостью наведения "законного" порядка в неправильно колеблющихся системах.

Задача 8. Дисковые пилы так сильно шумят во время работы, что персоналу рекомендуется надевать специальные звукопоглощающие наушники. Проблему попытались решить в а.с. 519320: для устранения визга предложено

сжимать диск с обеих сторон подпружиненными штифтами с шариком. Это образец неразрешенного ТП: чтобы полностью погасить колебания вращающегося диска надо его сжать тисками как можно сильнее, а чтобы диск хорошо крутился, надо штифты убрать совсем. Кроме того, шарики и пружины быстро забиваются пылью и опилками и перестают работать. Как быть?

Из закона согласования ритмики вытекает ряд правил.

1. В технических системах действие поля должно быть согласовано (или рассогласовано) с собственной частотой изделия (или инструмента).

2. В ТС должны быть согласованы (или рассогласованы) частоты используемых полей.

3. Если два действия (например, измерение и изменение) несовместимы, то одно действие осуществляют в паузах другого. Любые паузы в одном действии должны быть заполнены другим полезным действием.

4. Если требуется измерять характеристики системы, изменение которых влияет на изменение собственной частоты колебаний, то действие внешнего поля согласовывают (или рассогласовывают) с собственной частотой системы и по наступлению резонанса судят об изменениях контролируемых характеристик.

Рассмотрим подробнее некоторые особенности применения правил в конкретных изобретательских ситуациях.

4.5.2. Использование резонанса - согласование частоты внешнего действия (поля) с собственной частотой системы или ее элемента.

*С наибольшей амплитудой
колеблются объекты при точном
совпадении частот. При этом извне
затрачивается минимум энергии на
поддержание резонанса, а внутрь
системы поступает максимум из
подводимой энергии.*

А.с. 1279559: пневматический
хлопкоуборочный комбайн, в котором
куст обдувается пульсирующей
воздушной струей (частота пульсации

равна собственной частоте волокон) и отлетевшая хлопковая масса тут же всасывается трубопроводом.

А.с. 1050635: для быстрого растворения порошкового молока в воде на смесь воздействуют частотой, зависящей от дисперсности порошка.

А.с. 1065025: способ гидравлической классификации твердых частиц по крупности путем подачи их в виде пульпы в жидкостную систему и разделение под действием вибрации в резонансном режиме, *отличающийся* тем, что с целью повышения точности классификации разделения осуществляют при частоте колебаний равной собственной частоте колебаний частиц граничного класса крупности.

А.с. 1263584: способ транспортирования сыпучего материала, включающий подачу материала на движущуюся с помощью барабанов ленту, генерирование в ленте и упруго установленных роликовых опорах резонансных колебаний барабанами с частотой, равной частоте собственных колебаний грузовой ленты и упруго закрепленных роликовых опор, *отличающийся* тем, что с целью снижения энергетических потерь путем стабилизации процесса колебаний в ленте с материалом, подачу материала на ленту осуществляют отдельными равными порциями с частотой, равной частоте собственных колебаний грузовой ленты и упруго установленных роликовых опор.

А.с. 856463: способ предупреждения самовозгорания пористых эластичных

материалов, например, пенополиуретана, который созревает в камере и требуется быстро удалять излишки газа из пузырьков на него воздействуют вибронагружением с частотой собственных колебаний материала, при этом за счет быстрого сжатия-расширения пузырьков газ выходит и его отсасывают из камеры.

А.с. 889018: способ тушения пористых материалов, например, пенополиуретана или кокса путем быстрого их погружения в воду; эти материалы легче воды, не тонут, предложено воздействовать на куски вибрацией жидкости с частотой собственных колебаний плавающих кусков они быстро тонут за счет резкого (в 5-10 раз) повышения гидродинамического давления в режиме резонанса.

А.с. 996347: способ резки стекла путем нанесения надреза на его поверхность и сообщения стеклу акустических колебаний с частотой равной частоте собственных колебаний стекла (то есть вместо ненадежного постукивания по обратной стороне надреза предложено озвучивать стекло оно само расколется по намеченной линии).

А.с. 637597: способ нагрева газа путем подачи сверхзвуковой струи в камеру и возбуждения в ней резонансных колебаний с чередующимся сжатием и расширением потока при заполнении и опорожнении камеры, отличающийся тем, что с целью интенсификации нагрева, струю подают периодически после опорожнения камеры с частотой резонансных колебаний.

При наступлении резонанса разные части системы колеблются с разной амплитудой от максимальной до минимальной (нулевая амплитуда - в узлах колебаний) . Поэтому разные участки испытывают различные напряжения. Это полезно, например, при снятии (перераспределении) вредных напряженных состояний.

А.с. 1052550: способ снятия остаточных напряжений в металлических деталях преимущественно замкнутого контура, включающий возбуждение в нескольких точках детали вибрации на резонансной частоте, *отличающийся* тем, что с целью равномерного снятия остаточных напряжений вибрацию в точках возбуждают последовательно по

периметру детали, при этом каждое последующее место возбуждения вибрации располагают в узле колебаний предыдущей точки возбуждения.

Недавно в МЭИ разработан сверхпроизводительный способ производства микрошариков (диаметром от 10 мкм до 1 мм). Способ заключается в выдавливании расплава через отверстие в излучателе, который воздействует на струйку с частотой, равной резонансной частоте требуемого размера шариков. В нескольких сантиметрах от диска-излучателя амплитуда колебаний увеличивается и струйка разбивается на капельки, которые мгновенно, под действием сил поверхностного натяжения, превращаются в шарики. Производительность - до 1 миллиона шариков в секунду! Где использовать

такие шарики? Предлагается транспортировать их через космос по лучу лазера, использовать их для фигурного (объемного) рисования при напылении, для микролегирования больших объемов металлов, для "прицельной" доставки лекарств к очагам болезни, для запасаения водорода и т.д. ("Социалистическая индустрия", 15.06.89, с.4).

В Йельском университете (США) проводятся эксперименты по облучению микрошариков полистирола (10 мкм) электромагнитным излучением в радио- и оптическом диапазонах. В шариках возбуждается собственное ЭМ-поле за счет взаимодействия падающего излучения с наведенным в нем электрическим диполем. Наиболее интенсивные собственные колебания

наблюдаются при совпадении частоты внешнего поля с собственными частотами таких микрорезонаторов ("Природа", 1981, № 5, с. 109).

Если нельзя или нецелесообразно воздействовать внешней силой непосредственно на объект, то вводят резонатор, соединенный с объектом.

А.с. 1001988: способ получения дисперсных систем путем вибрационных воздействий на среду в режиме вибротурбулизации путем введения в емкость со средой упругого резонатора и воздействия на емкость колебаниями резонансной частоты, отличающийся тем, что с целью повышения экономичности процесса и его интенсификации, в емкость

вводят несколько упругих резонаторов с различной частотой собственных колебаний.

А.с. 119132: вибрационный транспортер, выполненный в виде желоба или трубы с размещенными вдоль них с определенным шагом вибраторами, отличающийся тем, что с целью уменьшения количества вибраторов, часть из них заменена подпружиненными реактивными массами, настроенными резонансно со всей колеблющейся системой транспортера.

Если частота собственных колебаний объекта меняется по неизвестному нам закону, то необходимо организовать обратную связь между объектом и

генератором (источником внешнего поля).

А.с. 919818: для улучшения качества сварного шва предложено перемешивать металл в зоне плавления (сварочная ванна); такое перемешивание должно быть интенсивным и быстрым, поэтому используют внешнее переменное магнитное поле с частотой, совпадающей с частотой собственных колебаний сварочной ванны; однако размеры и масса (а значит и собственная частота ванны постоянно меняются). Как быть?

Предложено ввести обратную связь: улавливается спектр электромагнитных волн, генерируемых самой ванной и этот спектр задает частоту переменного магнитного поля.

Любые движущиеся объекты колеблются, поэтому можно организовать эти колебания определенным образом на выполнение полезных функций.

Например, для эффективного смешения газа с жидкостью применяется множество специальных (массообменных) устройств и приспособлений. Установлено, что акустические колебания значительно улучшают эти процессы. Но, к сожалению, в газожидкостной среде уже на расстоянии 10 см акустические колебания затухают. Чтобы их поддерживать, нужно создать во всем объеме аппарата многочисленные центры генерации колебаний, но эти генераторы

сложны, недолговечны и энергоемки. Генераторы нужно вводить, чтобы получить колебания и их нельзя вводить, чтобы не усложнять (удорожать) систему. Как быть?

Конечно же, функцию генератора, по совместительству, должны выполнять уже имеющиеся элементы при минимальных изменениях и дополнениях. По а.с. 423481 предложено простейшее акустическое устройство, в котором звук образуется за счет прохождения газа через отверстия в колонне с жидкостью. Но главное в другом: для того, чтобы требовалось минимум энергии, организован резонансный режим; в качестве резонатора используется прикрепленная вокруг отверстия шайба с бортами, которая и образует резонирующую полость. В потоке

возникают автоколебания частотой несколько тысяч герц (примеры автоколебаний: колебания воздуха в свистках, гудение телеграфных проводов, "пение" водопроводных труб).

Главное свойство автоколебаний : колеблющаяся система сама управляет поступлением в нее энергии извне - возникает обратная связь; **другие свойства :** амплитуда колебаний не зависит от начальных условий, частота близка к собственной частоте колебаний).

Частота автоколебаний в этом случае пропорциональна скорости (массе) потока и обратно пропорциональна размерам кольцевой резонирующей полости. Подбирая размеры и форму отверстий,

удалось направить большую часть энергии потока на создание автоколебаний. Отпала необходимость в подводе внешней энергии для акустического воздействия. Генерация автоколебаний легла в основу других акустических устройств - а.с. 1037927, 1057052, 1114431 ("Изобретатель и рационализатор", 1985, № 10, с.19).

Возникающая в режиме автоколебаний в колеблющейся системе обратная связь действует все же в узком диапазоне - стоит чуть изменить какой-либо параметр системы и автоколебания исчезнут. Для поддержания длительного самоподстраивающегося режима авторезонанса необходимо введение

специальной линии обратной связи: на колеблющееся тело устанавливают датчик, сигнал от которого усиливается и направляется на источник колебаний (генератор), генератор устанавливает в каждый данный момент времени всегда резонансную частоту - система работает в режиме автоколебаний при любых изменениях условий работы. Этот принцип лежит в основе многих сильных разработок института машиноведения им. Благонравова АН СССР.

Вот, казалось бы, тупиковая ситуация, сложившаяся в области ультразвуковой обработки

материалов (рис. 10). Располагая поистине уникальными возможностями, эта технология чрезвычайно капризна. Основной недостаток: частота генератора настраивается на частоту собственных колебаний инструмента на холостом ходу (то есть без нагрузки на инструмент); но как только инструмент начал работать, испытывать многообразные напряжения, его частота тут же изменяется и не совпадает с частотой генератора - система выходит из режима резонанса и к.п.д. резко падает.

Рис. 10 а, б

1 - Ванна, 2 - изделие, 3 - суспензия, 4 - вибрирующий инструмент, 5 - концентратор, 6 - магнитострикционный вибратор, 7 - датчик (микрофон), 8 - генератор, 9 - усилитель. Р - усилие подачи

Рис. 10 в, г

Рис. 10. Принцип работы станка для ультразвуковой обработки в авторезонансном режиме.

а) традиционная схема, б) авторезонансный режим, в) амплитудно-частотные характеристики колебаний инструмента станка

Избавиться от этого в используемых сейчас ультразвуковых станках очень трудно. На собственную частоту

инструмента влияют переменчивые свойства обрабатываемого материала, усилие прижатия инструмента к заготовке, условия ультразвукового резания. Чтобы хоть какая-то доля энергии дошла по назначению, приходится непомерно увеличивать мощность возбудителей и генераторов. Но это крайне неэффективно, расточительно. Как быть?

Идеал: пусть система сама выбирает себе наивыгоднейшую (резонансную) частоту. Нужен авторезонанс!

Датчик обратной связи - обыкновенный микрофон - располагают за возбудителем со стороны, противоположной зоне обработки (чтобы не мешал); его сигнал через усилитель подают на обмотку магнитострикционного возбудителя. Возникают автоколебания, их частота

чутко реагирует на любые изменения условий работы, всегда остается резонансной и обеспечивает эффективную передачу ультразвуковой энергии ("Наука и жизнь", 1985, № 9, с. 18-25).

И в заключение о "человеческом" резонансе. Оказывается, многие органы человеческого тела имеют довольно низкие резонансные частоты: голова 20-30 Гц, вестибулярный аппарат 0,5 -13 Гц, руки 2-5 Гц, а сердце, позвоночник, почки имеют общую настройку на частоту около 6 Гц. Необъясненная пока загадка природы - для чего это надо было эволюции? Пути человеческого "любопытства" неисповедимы, поэтому неизбежно появились охотники "поиграть" с человеком на этих частотах. Во Франции изобретен свисток для разгона

демонстраций. "Во время испытания его модели, - писала одна из французских газет, - люди в пятимильной зоне чувствовали во всем теле сильную болезненную вибрацию..." В США созданы инфразвуковые "прожекторы", которые создают в атмосфере акустические волны, способные повредить зрение, вызвать тошноту, страх... Это новый вид психотропного оружия. На этих частотах звук легко проникает сквозь бетонные и металлические преграды ("Юный техник", 1989, № 7, с. 8-15).

4.5.3. Согласование (рассогласование) ритмики работы частей системы.

В процессе работы (взаимодействия) разные части системы, главным образом - инструмент и изделие, должны быть согласованы между собой по частоте для лучшего взаимодействия или рассогласованы для предотвращения вредного взаимодействия. Причем, выгодно согласование (рассогласование) не только собственных частот колебаний, но и всего лишь отдельных характеристик, влияющих на эту частоту - скорости, массы, размеров, формы, упругости и др. Иногда само понятие частоты даже и не фигурирует в решениях.

*Рис. 11. Колесо самолета по пат.
Франции 2600619.*

Когда самолет садится, видны клубы дыма - это его колеса касаются земли, происходит удар и колеса раскручиваются, пробуксовывая. При этом колеса сильно изнашиваются. Явное несогласование ритмики колеса (инструмента) и посадочной полосы (изделия). По пат. Франции 2600619 (рис. 11) предложено на боковые поверхности колес установить лопасти - встречный поток раскрутит колеса перед посадкой.

А.с. 639546: способ местного теплового воздействия (инструмент) на нервные волокна (изделие) ритмически изменяющимся тепловым полем с частотой в ритме дыхания.

А.с. 1163853: способ массажа участков тела (изделие) вибрационным аппаратом (инструмент) в ритме сердечных сокращений.

Ребенок растет, а куклы остаются прежних размеров - рассогласование... В США выпускаются игрушки из пластика, которые способны расти вместе с ребенком. Надо лишь подкачать сжатого воздуха ("Юный техник", 1989, № 9, с.38).

Рис. 12. Топор по международной заявке 88/00112.

Изобретение топора продолжается: по международной заявке 88/00112 предложен новый топор; в этом изобретении рассогласовано вредное взаимодействие (застревание) между

изделием (древесина) и инструментом (топор). Для этого лезвие выполнено с несимметричными (рассогласованными) боковыми поверхностями: на каждой поверхности выполнены выступы, которые расположены по диагонали один против другого (рис. 12).н перехода в надсистему

4.5.4. Предотвращение или нейтрализация резонанса - рассогласование собственной частоты системы с частотой внешнего действия или организация противодействия.

Одна из наиболее трагических страниц в истории стихийных бедствий - землетрясение в Мехико 1985 года. Это

землетрясение было чрезвычайно разрушительно. Как установили американские эксперты, возникшие во время землетрясения колебания случайно совпали с собственными колебаниями почвы под многими частями города, а также с собственными колебаниями многих зданий. Чрезвычайная длительность землетрясения способствовала развитию резонансных явлений, которые и привели к разрушению зданий (резонанс усилил вредное воздействие в 6 раз, что превысило предел устойчивости зданий, даже сейсмостойких). И это почти независимо от того, были ли разрушенные здания старой постройки или новые. Главной причиной разрушения зданий, в большинстве случаев, была частота их собственных колебаний. Отсюда практический вывод: при строительстве

новых зданий в сейсмической зоне следует неуклонно следить за тем, чтобы собственные колебания зданий не совпадали с собственными колебаниями грунта, - таким путем удастся значительно смягчить резонансный эффект.

Существует несколько возможностей исключения вредного действия резонанса:

- 1. Уклонение от резонанса путем изменения частоты собственных колебаний.*
- 2. Организация взаимонейтрализации двух (или более) вредных действий.*
- 3. Введение второго внешнего действия в противофазе к*

вредному.

4. Самонейтрализация вредного действия путем его разделения на два, сдвига одного из них по фазе и их столкновение.

5. Самонейтрализация вредного действия путем введения дополнительных грузов со смещающимся центром тяжести.

6. Ликвидация источника внешнего действия.

Рассмотрим эти возможности на конкретных примерах.

Изменения частоты собственных колебаний можно достигнуть при

изменении одного из параметров системы.

А.с. 714509: при ветре провода линии электропередачи раскачиваются и, если с их колебаниями совпадут порывы ветра, то возможен обрыв проводов; для исключения резонансных явлений одна из проволок в проводе сделана меньшего, чем остальные, диаметра.

Дисковая пила (задача 8) визжит потому, что ее зубья расположены через равные промежутки и ударные волны складываются в сильные резонансные колебания; для разрушения резонанса достаточно сделать зубья с разной величиной, шагом или отгибом от плоскости резания.

А.с. 822925: струнное сито, включающее раму с натянутыми на нее струнами, отличающееся тем, что с целью повышения качества просеивания каждая третья-пятая струна имеет натяжение в 1,5-3 раза больше, чем остальные струны, натянутые между ними.

А.с. 1015150: виброизолятор, в котором с целью повышения эффективности гашения колебаний отверстия выполнены с диаметрами, убывающими по высоте упругого элемента (рис. 13).

*Рис. 13. Упругий элемент по а.с.
1015150*

В трубопроводах, работающих под большим давлением, возникают вибрации разной частоты (из-за

пульсации давления), которые могут привести к резонансу колебаний и как следствие - к гидравлическому удару, разрушающему всю трубопроводную систему. Поэтому в таких системах предусматривают множество различных, но не всегда эффективных, гасителей - гибкие вставки, эластичные подвески, глушители, предохранительные клапаны и т. д.

Изобретено универсальное устройство, предотвращающее возникновение резонанса ("Знание - сила", 1988, № 5, с. 6). Оно состоит из двух взаимосвязанных упругих элементов: жесткость одного из них изменяется по линейному, а второго - по нелинейному закону. В качестве

первого элемента используется винтовая пружина, второго - упруго демпфирующий элемент из прессованной проволоки. Предложенное устройство с регулируемым акустическим сопротивлением позволяет управлять подстройкой частот собственных колебаний трубопровода. Можно даже создавать частичное отражение энергии пульсаций обратно к их источнику. На этом обратном пути отраженная волна гасит встречную той же частоты.

Наиболее эффективный способ нейтрализации двух вредных действий (внешних или внешнего и внутреннего) - это их замыкание друг на друга и взаимоуничтожение (иногда требуется их предварительное рассогласование по

частоте или фазе). Однако одновременное наличие двух вредных действий в системах довольно редкое явление. Чаще требуется искусственное введение второго действия.

А.с. 1067147: способ гашения сейсмических колебаний, включающий выполнение в грунте экранов, гасящих сейсмические колебания, отличающийся тем, что с целью повышения эффективности гашения сейсмических колебаний, экраны образуют путем введения в грунт магнитопроницаемого вещества, а в момент приближения сейсмических волн через экраны пропускают импульсы электрического тока.

При строительстве высотных сооружений - башен, труб, гигантских монументов - предусматриваются специальные меры защиты от опрокидывания. Наиболее опасны односторонние резкие раскачивающие нагрузки - ветровые. Амплитуда колебаний быстро достигает нескольких метров, а при достижении резонанса сооружения разрушаются.

Одно из возможных решений (а.с. 566912) заключается в организации "антиветра" - через сопла, расположенные ярусами по высоте подаются воздуходувками струи воздуха навстречу ветровому потоку.

А.с. 865534: нежесткую деталь, вибрирующую при токарной обработке, предложено утихомиривать подачей на нее импульсов электрического тока.

А.с. 589482: вибрацию, возникающую в фундаменте при работе технологических установок, предложено нейтрализовать с помощью возбуждаемых в фундаменте противофазных колебаний специальной автоматической системой.

То же решение предложено Польским институтом судостроения для ликвидации вибрации морских судов, вредной не только для конструктивных элементов, но и для здоровья моряков ("Наука и жизнь", 1983, № 7, с.48).

Борьба с шумовым загрязнением окружающей среды может вестись двумя путями: либо ликвидацией источников шума, либо шумоподавлением пассивным (поглощающие перегородки, "крепостные" стены, шумоизоляция) или активным. Последний способ оказался пока самым эффективным и находит все большее распространение и популярность во всем мире.

К наиболее мощным и вредным источникам промышленных шумов относятся станции перекачки газа, стенды для испытания реактивных

двигателей, турбогенераторные установки.

Например, расположенная недалеко от Кембриджа газокompрессорная станция доставляла множество неприятностей окрестным жителям. Чтобы подавить низкочастотные шумы, исходившие от этой станции во всех направлениях, ученые из Кембриджского исследовательского центра разместили вокруг ее выходной трубы 72 мощных динамика. Особое электронное устройство воспринимает шумы газовой струи, сдвигает их по фазе на 180 град. и подает с нужной амплитудой на динамики.

Эффект оказался разительным: сталкивающиеся в противофазе звуковые волны подавили друг друга, и после включения динамиков в окрестностях

станции воцарилась почти полная тишина. Акустическая антишумовая система не оказывает никакого влияния на двигатель. Ее стоимость по меньшей мере вдвое ниже, чем стоимость традиционных устройств для глушения шума, а эффективность выше ("Новое в жизни, науке, технике". Серия "Техника", 1983, № 2, с.58).

В США применяют устройство, работающее на том же принципе, для шумоподавления в работающих дизельных двигателях ("Изобретатель и рационализатор", 1989, № 8, МИ 0812).

В Англии выпущен бесшумный вентилятор со встроенными микрофоном и громкоговорителем: шум мотора и лопастей улавливается микрофоном, преобразуется электронным блоком в

звук с противоположной фазой, воспроизводится громкоговорителем и шум полностью нейтрализуется. На основе этой разработки создан также "акустический телескоп" для борьбы с шумом в помещениях. Прибор состоит из 25 миниатюрных микрофонов. Короткий импульс, испускаемый динамиком, вызывает эхо, которое передается микрофонами в измерительное устройство. Микрокомпьютер регистрирует и оценивает эхо, определяет, по какому направлению звук отражается с максимальным затуханием. По результатам измерений рассчитываются частота и фаза "антизвука", которые противодействуют шуму.

Однако введение в систему второго вредного действия для уничтожения первого (например, "антизвука")

требует дополнительных устройств, подсистем и энергопитания. Намного дешевле и эффективнее *организовать противодействие на основе той же вредной силы - разделить ее на две, сдвинуть одну из них по фазе (лучше всего на 180 град) и взаимоуничтожить.*

При реконструкции одной из ткацких фабрик потребовалось установить на втором этаже новые ткацкие станки, относящиеся к разряду виброактивных. Известные амортизационные устройства не давали нужного эффекта, поэтому виделся единственный выход - значительно усилить строительные конструкции (перекрытие, колонны, балки), а это дорого и долго. Кроме того, амортизационное устройство для своего

размещения потребовало бы не менее 1 м пространства под станком. Найденное решение (а.с. 1392279) позволило разместить высокоэффективный амортизатор прямо в конструкции пола. Амортизатор (рис. 14) работает на вредной силе вибрации, которая сама себя гасит.

***Рис. 14. Амортизатор по а.с.
1392279.***

Амортизатор 3 посредством подвески из троса, закрепленного одним концом к опорной балке 1, крепится другим концом к днищу корпуса амортизатора.. Опорная балка 1 проходит через корпус амортизатора в проеме в виде сквозного окна и непосредственно опирается на конструкцию перекрытия. Амортизатор размещается в устроенном в конструкции

пола 4 гнезде. Виброактивный станок своей станиной 2 устанавливается на амортизатор.

А.с. 1280140: глушитель выхлопа для газовых машин (компрессора, двигателя и пр.), в котором шум гасится посредством интерференции вихрей.

Для самонейтрализации вредного внешнего действия часто используется принцип введения в систему дополнительных грузов со смещающимся центром тяжести: шаров, маятников, подпружиненных грузов, эксцентриков и пр.

А.с. 673995: регулятор давления, в котором для повышения эффективности демпфирования автоколебаний, груз

выполнен со смещенным относительно его продольной оси центром тяжести.

Одна из главных трудностей в работе на подъемном кране - раскачивание и вибрация груза из-за порывов ветра, инерции груза при поворотах крана, неравномерность поднимания или опускания крюка (при частом переключении лебедки груз дергается). Эта низкочастотная вибрация передается через тросы на металлические конструкции крана и даже может привести к аварии. Кроме того, крановщик теряет время, дожидаясь, пока груз "успокоится", особенно, если его надо подать через узкий проем.

Рис. 15. Подвеска по а.с. 895886.

По а.с. 895886 предложена подвеска (рис. 15), которая состоит из грузозахватного органа (в данном случае крюка), блоков и полого корпуса. В нем находятся два массивных полых шара (для уменьшения габарита устройства возможно размещение их один в другом). В дне корпуса есть сферическое углубление, симметричное относительно вертикальной оси подвески. Под действием вибрации шары внутри корпуса перекатываются в этом углублении, смещая центр тяжести подвески и гася вредные колебания.

В летательных аппаратах, космических кораблях одной из трудных проблем оказалась проблема

гашения колебаний жидкости в емкостях (топливные баки и пр.). Вот как развивалось одно из направлений - погружные упругие демпфирующие конструкции (рис. 16).

В жидкость помещают упругую оболочку, заполненную газом: при резких толчках и колебаниях жидкости оболочка сжимается-разжимается с частотой, отличающейся от частоты колебаний жидкости; колебания жидкости частично гасятся, но совсем не гасятся колебания стенок емкости из-за возникающей в опорах динамической реакции.

А.с. 295922: гаситель колебаний, в котором с целью уменьшения амплитуды колебаний стенок емкости и уменьшения

динамической реакции в узлах крепления емкости демпфирующий элемент снабжен упругими элементами для соединения его с емкостью (рис. 16 а).

А.с. 485252: для увеличения демпфирования колебаний гаситель снабжен перфорированной оболочкой, охватывающей упругий элемент, соединенный с ней посредством радиально расположенных упругих связей (рис. 16 б).

А.с. 543795: для гашения нескольких частот колебаний, упругая оболочка и каркас разделены перегородками на отдельные секторы, стенки упругой оболочки секторов имеют различную упругость и заполнены газом под разным давлением, а стенки каркаса по секциям имеют разную степень перфорации (рис. 16 в).

Рис. 16. Гасители колебаний.

а) по а.с.295922, б) по а.с.495252, в) по а.с.543795, г) по а.с.756104

А.с. 724837: для увеличения эффективности гашения колебаний площадь всех отверстий перфорированной оболочки составляет 2-4 процента от общей площади поверхности.

А.с. 756104: для увеличения эффективности гашения колебаний гаситель установлен с возможностью перемещения в объеме жидкости и имеет нулевую плавучесть. При колебании жидкости гаситель будет смещаться в сторону больших амплитуд, то есть он работает в самонастраивающемся режиме (рис. 16 г).

В странах Востока, например в Японии, во время землетрясения часто бывало так, что разрушались железобетонные здания, стальные мосты, а деревянные пагоды стояли как ни в чем ни бывало.

Секрет пагод на хорошем изобретательском уровне: внутри каждой пагоды древние строители подвешивали сверху вниз длинную деревянную балку с грузом на конце. Частоту колебаний этого своеобразного маятника подбирали такой, что во время землетрясения он раскачивался в противофазе с самой постройкой, помогая гасить колебания.

В Нью-Йорке и Фениксе строятся небоскребы высотой в 520 метров.

Железобетонный каркас супернебоскрегов должен выдерживать на большой высоте напор ветра, дующего со скоростью 150 км/час. Как предотвратить раскачивание зданий? В одном из нью-йоркских небоскребов на верхнем этаже установлен скользящий противовес массой 365 тонн, который нейтрализует воздействие ветровой нагрузки и демпфирует колебания здания ("Социалистическая индустрия", 11.12.86).

В Японии одна из строительных компаний реализовала более простое решение: на крыше небоскреба устанавливается огромный резервуар с водой. Из-за огромной массы и инерционности жидкость реагирует на сотрясения с запозданием. Колебания здания нейтрализуются и в значительной степени

гасятся ("Техника молодежи", 1988, № 9, с.42).

Крайняя, но часто очень простая мера борьбы с резонансом ликвидация источника внешнего действия.

Например, для устранения ударной нагрузки на вагон при наезде колеса на стык рельса предложено ("Изобретатель и рационализатор", 1985, № 1, с.33) делать стык косым под углом 45 град. к оси рельса. Накатываясь на следующий отрезок рельса, колесо продолжает еще катиться по предыдущему отрезку, при этом оно не встречает промежутка между рельсами, перпендикулярного образующей колеса, и бесшумно перекачивается с одного отрезка на другой.

4.5.5. Явление самосинхронизации вращающихся тел: вред и польза.

Резонанс особенно опасен в системах с многими вращающимися частями. В таких системах резонанс может возникнуть самопроизвольно за счет явления синхронизации вращающихся тел (открытие № 333, 1987 г.): все системы с вращающимися телами стремятся к самоорганизации, стараются выбрать один ритм, работать синхронно.

Например, на одной из ткацких фабрик столкнулись с необъяснимыми авариями - станки часто ломались, просто

рассыпались на составные части. Анализ системы показал, что причина в самосинхронизации, двигатели ткацких станков подстраивались друг под друга, машины входили в резонанс и разрушали сами себя. Простой и единственный выход - разрушить резонанс, переставить двигатели, убрать лишние связи ("Техника молодежи", 1988, № 4, с.13).

Явление обнаружили в институте "Механобр" (ВНИИПИ механической обработки полезных ископаемых) еще в 1948г. Два независимых электродвигателя приводили в движение две независимые установки, укрепленные на одном общем фундаменте. Однажды провода, питающие электроэнергией один из моторов, оборвались. Но это заметили только несколько часов спустя: обесточенный двигатель продолжал

исправно вращаться как бы сам собой, приводя в движение связанную с ним установку!

Одна из крупнейших проблем, решенная с применением самосинхронизации - создание высокоэффективных способов измельчения минерального сырья.

Ежегодно в стране измельчается до 3 млрд. тонн минерального сырья и на это уходит более 5 процентов вырабатываемой энергии. Причем эти затраты непрерывно растут, так как приходится разрабатывать все более бедные руды и потому требуется повышать степень измельченности. Сейчас уже перешли на технологии переработки мелковкрапленных руд, которые требуют

измельчения частиц до размера около 0,1 мм, а в ближайшем будущем размер частиц уменьшится еще в несколько раз (количество энергии на измельчение прямо пропорционально вновь образующейся поверхности, которая, в свою очередь, обратно пропорциональная квадрату диаметра частиц).

Как работают сегодняшние измельчительные установки? Это гигантские сооружения - мельницы с барабанами, наполненными стальными шарами или стержнями, которые перекатываясь, дробят и измельчают куски минералов. Но даже самая прочная сталь в этих жесточайших условиях истирается, превращается в пыль.

В результате при измельчении 1 тонны руды истирается в среднем около 1 кг металла и в целом по стране теряется около 3 миллионов тонн металла в год, то есть около 2 процентов всего производимого количества! Иногда же ситуация просто парадоксальна. Например, одна тонна молибдена добывается из 3 тыс. тонн руды. В результате, для получения одной тонны этого ценного металла, идущего в качестве легирующей добавки, приходится расходовать... около 3 тонн легированной стали ("Химия и жизнь", 1987, № 5, с.11-17).

В "Механобре" предложен новый способ измельчения (без стальных шаров) - вибрационный. Смысл в том, что куски породы могут истирать сами себя (самоизмельчение) и наиболее эффективно этот процесс идет, если к

кускам минералов приложить импульсное давление со сдвигом (кусок разваливается по слабым границам раздела фаз, по дефектам кристаллической структуры).

Вибрационный метод хорош тем, что к минералам не нужно прикладывать большие нагрузки одновременно, вполне достаточно, чтобы не очень сильное сдавливание и скручивание повторялось многократно - происходит накачка энергии внутрь куска породы и в некоторый момент он разрушается в порошок определенного гранулометрического состава.

Единственное обязательное условие - синхронность и синфазность воздействий на материал нескольких несвязанных между собой вибраторов (например, дебалансных возбуждителей на электродвигателях). Вот тут-то и

срабатывает явление самосинхронизации вращающихся валов двигателей.

4.5.6. Согласование (рассогласование) частоты используемых полей.

А.с. 698663: способ вибромагнитной сепарации материала, при котором вращающееся магнитное поле реверсируют синхронно с вибрацией - это уменьшает силы сцепления между частицами материала и повышает эффективность разделения.

Вибротрамбование дорожного основания, при котором к передней по ходу кромке виброплиты прикладывают колебания с частотой, вдвое меньшей, чем к задней. Такой способ позволяет эффективно уплотнять основания из крупных

минеральных фракций ("Техника и наука", 1983, № 1, с.17).

В выставочных залах, аэропортах, холлах гостиниц требуется на разных участках пространства передавать через динамики разную информацию. Но если на потолке или стенах разместить десятки динамиков, вещающих на разных языках, получится невообразимая мешанина звуков. Как быть?

В Японии предложено накладывать голоса дикторов на ультразвуковые колебания, излучаемые динамиками. При этом на каждый участок пространства направлено два динамика, которые излучают два направленных противофазных ультразвуковых луча. Лучи пересекаются

в нужной зоне зала, гасят друг друга и остается только голос диктора ("Социалистическая индустрия", 24.01.85).

Примером остроумного применения правила согласования/рассогласования используемых полей может служить изобретение по а.с. 1002064 "Способ волочения металла через две волокна с применением ультразвука", по которому достигается значительное снижение усилия волочения за счет проталкивания металла одной волокой через другую (!).

Рис. 17. Способ волочения металла по а.с. 1002064.

1 - металл, 2,3 - фильеры

Предшествующие технические решения:

а.с. 201305 волочение через две соосно расположенные волокна, которым придаются колебания в противофазах вдоль оси волочения; достигается незначительное снижение усилия волочения;

а.с. 561584 для уменьшения сил трения за счет обеспечения поступления смазки в волочильный канал волоке (здесь только одна волока) сообщают продольные и радиальные УЗ-колебания.

По а.с. 1002064 волокнам сообщают однонаправленные радиальные УЗ-колебания, синфазные с их колебаниями вдоль оси волочения (рис. 17). В моменты времени $t = 0, T, 2T, \dots$ волока 2, перемещаясь против направления волочения и несколько увеличивая свой диаметр под действием комбинированных

УЗ-колебаний, производит деформацию металла и нагружена усилием волочения в течение примерно $1/4$ периода колебаний. При этом волока 3 смещается в направлении волочения и увеличивая свой диаметр, обгоняет протягиваемый металл 1. Усилие волочения через эту волоку падает до нуля. В моменты времени $t = T/2, 3T/2, 5T/2, \dots$ волока 2 при колебательном уменьшении диаметра обжимает металл в радиальном направлении и перемещается вместе с ним на амплитуду продольных колебаний в направлении волочения, проталкивая металл через волоку 3. Толкающее усилие волоки 2 является активным и уменьшает суммарное усилие волочения металла через две волоки. В это же время волока 3, уменьшая свой диаметр и перемещаясь против направления волочения, производит деформацию

металла. Отмечается, что усилие волочения стальных труб снижается на 62-68 процентов!

4.5.7. Действие в паузах.

Во многих странах по телевидению передают телевизионную газету. Сигналы, несущие текст, "спрятаны" между кадрами телепрограммы. С помощью приставки можно "пролистать" все 999 страниц телегазеты.

По а.с. 343722 поперечную раскатку металлического листа ведут в паузах продольной раскатки.

Известный авиаконструктор А.Фоккер в 1915 году решил проблему стрельбы из пулемета через винт самолета, согласовав скорости вала мотора и замкового механизма пулемета (пули пролетают "в паузах" между двумя соседними лопастями).

4.5.8. Использование колебаний и резонанса в задачах на измерение (обнаружение).

Собственная частота колебаний универсальная характеристика. Если любое тело заставить колебаться и при этом плавно изменять частоту, то настанет момент резонанса по

этой частоте можно определить характеристики тела (массу, размеры, упругость и т.д.).

А.с. 271051: способ измерения массы жидкости в резервуаре путем измерения резонансной частоты резервуара.

А.с. 244690: способ измерения веса движущейся нити путем измерения резонансной частоты на участке нити между двумя роликами.

А.с. 560563: способ определения степени опорожнения вымени коровы при машинном доении путем измерения резонансной частоты вымени.

А.с. 1008617: способ измерения массового расхода протекающей по трубам среды путем возбуждения в каждой трубе

поперечных колебаний, при котором с целью повышения точности вынужденные колебания четной трубы возбуждают с частотой, равной резонансной частоте нечетной трубы, а для нечетной наоборот.

А.с. 647597: способ виброакустического контроля несущих поверхностей летательных аппаратов, основанный на возбуждении в несущих поверхностях синфазных резонансных колебаний, и измерение резонансных частот каждой плоскости, отличающийся тем, что с целью повышения чувствительности измерений и точности определения местоположения дефекта, на идентичные точки несущих поверхностей устанавливают симметрично продольной оси самолета несколько пар датчиков, сравнивают по фазе сигналы каждой пары

и по разности фаз определяют величину дефекта, а по положению датчиков, с которых получены информация о дефекте, судят о местоположении дефекта.

Очень надежной должна быть работа системы контроля целостности подводных конструкций (чаще всего трубчатых) морских буровых платформ.

Одна из французских фирм предложила такой способ: в трубчатые конструкции нагнетается воздух, устанавливаются датчики давления, трубы герметизируются и по падению давления в процессе эксплуатации судят о нарушении их целостности. Однако такая система требует больших затрат на

поддержание своей работоспособности - компрессоры, сложную систему воздухонапорных шлангов, клапанов, редукторов и пр. Намного проще и надежнее резонансный контроль целостности конструкции. Для этого надо заранее зарегистрировать собственную частоту колебаний каждой трубы при ударе по ней (принцип ксилофона). Трещины меняют звучание трубы при ударе (как и треснувшая фарфоровая чашка), собственная частота изменяется и при попадании воды внутрь трубы ("Наука и жизнь", 1983, № 2, с. 109).

А если невозможно придать колебания объекту? Тогда о его состоянии судят *по изменению собственной частоты колебаний присоединенного объекта (или*

внешней среды). Чаще всего к объекту "присоединен" воздух.

Например, фирма "Маркони Авионикс" разработала устройство для определения уровня угля в бункере глубиной до 80 м. В описании говорится, что оно включает радар когерентного типа, микропроцессор, дисплей, пульт управления и т.д. Очень сложно! Давно известен способ медицинской диагностики - простукивание грудной клетки человека. На похожем принципе основан универсальный способ измерения объема любых сыпучих (или жидких) материалов в емкости по объему воздуха над ними (а.с. 321687, 507781). Достаточно озвучить емкость, измерить частоту звучания воздуха и по этой характеристике определить объем воздуха, а значит, и объем материала .

Сами собственные колебания (факт их наличия или отсутствия) могут служить сигналом для обнаружения (измерения) . Если амплитуда этих колебаний недостаточна, их можно усилить. Самый простой способ усиления использование резонаторов.

Например, по а.с. 1175778 предложено самое простое и эффективное устройство для оповещения о приближающемся поезде: оно представляет собой корпус, стерженек, мембрану и резонатор (рупор) корпус закрепляется на рельсе и устройство во много раз усиливает его гудение.

Но не только резонанс является эффективным средством измерения систем. Практически любые изменения собственной частоты колебаний объекта могут служить надежными показателями его механического состояния и физических свойств, например:

скорость затухания собственных колебаний,

а.с. 348945: способ определения содержания в яйце плотной и жидкой фракций с помощью крутильного маятника в виде диска, подвешенного на двух нитях. На диск кладется яйцо и маятник приводится в движение. Вследствие внутреннего сопротивления (вязкости) белка

амплитуда колебаний быстро уменьшается. Вязкость плотной фракции белка в 10-12 раз больше, чем вязкость жидкой фракции. Чем больше плотной фракции, тем быстрее затухание и наоборот. По количеству колебаний определяют содержание фракций.

изменение величины механических потерь в объекте при изменении его собственной частоты,

а.с. 1004814: способ определения теплостойкости материалов (реактопластов) при котором постепенно повышают температура образца, воздействуют на него колебаниями, и определяют момент его размягчения по резкому изменению механических потерь на участке от источника колебаний до датчика.

изменение амплитуды собственных колебаний,

а.с. 1024227: способ определения предельно допустимого износа сверла путем измерения амплитуды колебаний, генерируемых системой инструмент-станок (сравнивают с заранее определенными параметрами допустимого износа).

спектр звуковых колебаний для определения состояния множества движущихся объектов,

а.с. ЧССР 190603: способ определения изменения состояния слоя частиц при протекании сквозь него газа или жидкости (например, частичная агломерация частиц в результате их плавления или разрушения

непрочных частиц слоя) по изменению непрерывно регистрируемого спектра звуковых колебаний, возникающих при протекании потока сквозь слой частиц;

по спектру шума, издаваемого специальной "денежной" бумагой предложено даже определять подлинность банкнот ("Химия и жизнь", 1982, № 8, с. 95);

лучший товар США 1988 года: миниатюрный анализатор спектра шума работающего автомобиля для определения его технического состояния; индикатором размером с авторучку прикасаются к корпусу и выявляют скрытые повреждения, коррозию и т.п. ("Социалистическая индустрия", 21.01.89, с.3).

Если невозможно определить изменения собственной частоты системы, то используют присоединенные объекты проводят анализ изменения частоты собственных колебаний такого объекта и по нему судят об изменениях в системе.

А.с. 616536: способ определения усилия в предварительно напряженном стержневом элементе, заключающийся в том, что на элементе в заданном сечении размещают присоединенную массу, действуют в этом сечении возбуждающей силой, замеряют частоту собственных колебаний системы и рассчитывают усилие, отличающийся тем, что с целью повышения точности определения,

изменяют присоединенную массу, возбуждают колебания полученной системы, измеряют частоту собственных колебаний, а усилие рассчитывают по результатам двух измерений.

А.с. 900178: способ неразрушающего контроля элементов конструкции, заключающийся в том, что в контролируемом элементе возбуждают изгибные колебания, измеряют его собственную частоту и по ней рассчитывают параметры состояния элементов конструкции, отличающийся тем, что с целью повышения точности измерения на контролируемом и соседнем с ним элементе закрепляют дополнительные сосредоточенные массы и измеряют собственную частоту совпадения собственных частот колебаний контролируемого элемента при

различных значениях дополнительно сосредоточенной массы на соседнем элементе.

А.с. 628237: способ определения целостности забиваемой сваи по изменению колебаний грунта.

Способ проверки давления в шинах автомобилей ("Изобретатель и рационализатор", 1989, № 11, МИ 0128), по которому к шине приставляют "пистолет", спускают курок и по характеру вызванных в шине колебаний определяют давление воздуха.

А.с. 630577: способ дефектоскопии изделий, заключающийся в том, что в контролируемом изделии возбуждают упругие колебания с помощью датчика с бойком, измеряют параметры колебаний бойка и по ним судят о наличии дефектов

в изделии, отличающийся тем, что с целью повышения точности контроля, в качестве параметров колебаний бойка используют амплитуду и ширину спектра его собственных колебаний.

Даже неприсоединенный, далеко расположенный, но резонирующий объем, способен помочь в задачах на измерение, обнаружение самих колебаний.

Летом 1932 года, на палубе ледокола "Таймыр" проводились запуски метеорологических шаров (зондов). Готовясь к одному из них, аэролог случайно коснулся лицом оболочки шара и... отпрянул, вскрикнув от острой боли в ушах. Пытаясь объяснить это, будущий академик В.В.Шулейкин пришел к выводу,

что оболочка шара, надутого водородом, служила своеобразным резонатором, усиливавшим звуковые колебания частотой 6-12 Гц. Они-то и вызвали боль в ушах. Откуда же взялись колебания? Источником звука столь низкой частоты был, как оказалось, шторм, бушевавший за сотни миль от "Таймыра". Это открытие позволило создать со временем прибор для предсказания шторма ("Юный техник", 1988, №7).

4.6. Закон динамизации технических систем

4.6.1. Формулировка закона и основные правила его применения.

Жесткие системы, для повышения их эффективности должны становиться динамичными, то есть переходить к более гибкой, быстро меняющейся структуре и к режиму работы, подстраивающемуся под изменения внешней среды.

С момента синтеза и на первых этапах развития ТС имеют обычно жесткие внутренние связи, в них отсутствуют подсистемы для изменения режима работы в зависимости от изменения внешних условий. Из-за этого системы легко уязвимы, часто выходят из строя,

недолговечны. Поэтому этап динамизации (адаптации) неизбежен.

Для механических систем он начинается обычно с перехода от неподвижных частей к движущимся, жесткая связь (или конструкция) "ломается" и в этом месте вводится шарнир, жесткие элементы заменяются на гибкие, на гидро- и пневмоконструкции, используется вибрация, периодическое изменение формы и др.

Для последующих этапов динамизации характерно использование физических и

химических эффектов и явлений, введение обратной связи, первые стадии самоорганизации, замена систем и подсистем идеальными веществами, "интеллектуализация" техники.

В основе динамизации лежат фундаментальные принципы организации природных процессов, вспомним, хотя бы, принцип Ле Шателье: если на систему, находящуюся в равновесии, воздействовать извне, изменяя какое-нибудь из условий (температура, давление, концентрация), то равновесие смещается таким образом, чтобы уменьшить

изменение. Система перестраивается, "уходит" от вредного воздействия внешнего фактора, повышает свою "живучесть" (разумеется, с помощью человека) приспособливается к существующим условиям, к постоянно возрастающим потребностям человека и общества, в этом и есть главный смысл динамизации.

На законе основаны два стандартных направления решения изобретательских задач:

1) Динамизация вещества системы.

Динамизация начинается обычно с разделения вещества на две шарнирно соединенные части; далее динамизация идет по линии: **один шарнир - много шарниров - гибкое вещество - жидкость - газ**; иногда динамизация заканчивается заменой вещественной связи полевой :

Рис.

2) Динамизация поля

- в простейшем случае осуществляется переходом от постоянного действия к импульсному действию, затем к

переменным и нелинейным полям.

Рис.

Обе цепочки динамизации отражают лишь наиболее характерные этапы изменений в системах. Не обязательно все этапы "проходят" системы и не все системы "доходят" в своем развитии до конца цепочек.

4.6.2. Использование закона в изобретательской практике.

Использование в изобретательской практике закона динамизации (как и всех других законов) предельно

упрощает не только процесс решения, но и поиск задач. Знание законов развития ТС позволяет увидеть и точно сформулировать изобретательские задачи. Если мы знаем, что любая ТС проходит стадии динамизации, то нужно определить на каком этапе она в данный момент находится и сделать следующий шаг. Единственная трудность - определение "больного" места в ТС. Для этого нужно знать простое правило: *динамизируется в первую очередь та часть системы, которая испытывает наибольшие претензии внешней среды (вредные воздействия*

по отношению к ТС - природные, социальные, от других ТС).

Примеры на введение одного шарнира:

во Франции выпускается строительный кран с передвигающейся вверх-вниз кабиной для облегчения работы крановщика (расширяется поле зрения во время погрузки-разгрузки);

а.с. 742639: гайка с отделяющейся резьбой; если такую гайку освободить от корпуса, резьбовая часть свободно снимается с болта без свинчивания;

а.с. 645661: игрушка "ванька встань-ка", содержащая корпус, нижняя и верхняя поверхности которого выполнены сферическими, груз, размещенный в

нижней части корпуса, отличающаяся тем, что с целью расширения игровых возможностей, она имеет стержень, установленный в корпусе вертикально, а груз свободно установлен на стержне для обеспечения его продольного перемещения.

Вот рассказ одного из конструкторов самолета ЯК-50 о парадоксальном решении проблемы крепления к фюзеляжу тонкого, с большой стреловидностью крыла:

"Надо сказать, что тогда мы довольно долго возились с этим узлом, добиваясь необходимой прочности. Несколько раз усиливали конструкцию, но она всякий раз разрушалась при статических

испытаниях до достижения расчетных нагрузок. И вот в этот, прямо скажем, довольно критический момент Георгий Владимирович предложил оригинальное решение злосчастного узла, введя в него шарнирный элемент... Доработка упомянутого узла по предложению Г.В.Смирнова помогла, ЯК-50 вышел на летные испытания, показал хорошие результаты" (Козлов П.Я. Конструктор. М.: Машиностроение, 1989, с.45).

Примеры на введение многих шарниров:

пат. США 3561679: сопло реактивного двигателя в виде телескопической раздвижной трубы; при запуске

раздвигается, при транспортировке - складывается;

а.с. 497381: сейсмостойкий дом на конусных шарнирах между каркасом здания и сваями;

в Финляндии создана машина для очистки от кустарника и мелколесья лесных дорог, просек и откосов, в которой часто ломающиеся о камни ножи заменены цепями (цепь вращается со скоростью сотни оборотов в минуту и, как бритва, срезает поросль, обтекая камни);

вырабатывая концепцию автомобиля "Фиат" модели 2000 года, конструкторы пришли к идее, что машина должна состоять из двух компонентов - шасси и разборного кузова, который может менять свой вид "как манекенщица меняет платья"; владелец автомобиля сможет

варьировать передними крыльями машины, ее дверцами, капотом, стеклами, приборным щитком все эти части будут продаваться отдельно.

Что представляет собой современный кран? В сущности, это древний ворот (лебедка) с пристроенной к нему укосиной (стрела). И как бы не поворачивалась эта укосина, как бы не наклонялась, кран может взять только груз, находящийся точно под роликами, через который перекинут грузовой канат с крюком. Даже самый современный кран с телескопической стрелой и гидравлическим управлением не

может "заглянуть" в проем строящегося здания или взять груз из какого-нибудь строительного закоулка. Эта ущербность будет сохраняться у кранов до тех пор, пока стрела не станет гибкой, как лебединая шея.

Такая стрела изобретена: она состоит из шарнирно сочлененных элементов стальных дисков с постепенно убывающим диаметром. Стрела похожа на трубку от противогаза, а диски, находящиеся внутри, составляют упругий каркас, придающий стреле необходимую устойчивость. Каждый диск жестко соединен по всему периметру с эластичными стенками стрелы. Диски у противоположных стенок пронизаны стальными канатами. Если тянуть то за

один канат, то за другой (для этого на поворотной платформе крана имеются гидроцилиндры и соответствующие механизмы), стрела будет изгибаться самым причудливым образом. Захват с грузом на такой стреле может проникнуть не только в окно, но даже в подвал строящегося дома ("Новое в жизни, науке, технике". Серия "Техника", 1988, № 6, с.28).

Примеры на введение гибких элементов:

а.с. 965789: инструмент для обработки глубоких глухих отверстий в виде пружины, в торцевые витки которой вправлены алмазные зерна;

а.с. 994153: сверло из многослойной ленты, завитой в спираль;

а.с. 889113: фильтрующий элемент для очистки газов и жидкостей в виде пружины с небольшими зазорами между витками, через которые проходит очищаемый поток, но задерживаются загрязнения; как только количество задержанных загрязнений достигает критической величины, давление внутри пружины возрастает, растягивает пружину и она освобождается от осевших на нее частиц;

в США решена проблема защиты берегов от эрозии (размыва волнами); вместо громоздких берегоукрепительных бетонных сооружений (волны со временем разбивают и эти "крепостные стены") используются искусственные водоросли из безвредного для окружающей среды пропилена; водоросли крепятся на заякоренной трубе

вблизи берега и задерживают песчинки, при этом наносы растут по 5-7 см в сутки и гасят энергию волн;

широкое применение нашли зеркала с изменяемой геометрией (за гибкой зеркальной поверхностью расположена пневматическая или вакуумная камера с изменяемым давлением) - зеркала заднего вида в автомобиле, в солнечных электростанциях, телескопах и т.д.;

а.с. 1072089: глобус из эластичного магнитного материала, по которому можно изучать внутреннее строение Земли и вертикальные движения литосферы под действием гравитационных сил Солнца и Луны (магниты);

в ФРГ выпускается гибкий пластмассовый карандаш длиной в 0,5 км, поставляется

он в бухтах, а в магазине покупателю отрезают нужный кусок ("Наука и жизнь", 1983, № 3, с.85);

а.с. 1130237 тонкая легкая стальная лента в режущем аппарате комбайна (косилки) вместо тяжелых и неуклюжих "ножниц", ленту можно подстраивать под рельеф почвы с помощью тяг.

Рис.

Типичный пример на динамизацию:

а.с.1069662: рабочий орган центробежного разбрасывателя, в котором с целью повышения равномерности распределения удобрения путем регулирования угла установки лопаток, лопатки закреплены на эластичной камере с жидкостью; угол

наклона лопаток меняется при изменении количества жидкости в камере.

Есть железобетонные фундаментные блоки, похожие на многогранные стеклянные стаканы. Они тоже немного на конус и соотношение толщины стенок к высоте и диаметру примерно такое же. Эти блоки и называются стаканными.

Представляете, что получится, если стеклянный стакан поставить на землю, накрыть стальной пластиной и бить по пластине кувалдой, пытаясь загнать стакан в землю?

Примерно то же самое получается со стаканным фундаментным блоком, когда плоский боек сваебоечного

молота бьет по его торцу. Далеко не каждый блок удастся забить целым и невредимым. Особенно страдают торцы блока, которые после забивки приходится восстанавливать прямо на стройплощадке. Для уменьшения повреждений стараются обходиться с блоками поделикатнее, бьют вполсилы. Но тогда на закладку фундамента уходит слишком много времени. Одно из предложений было таким: вставлять в блок металлический стакан и бить по нему. Но как бы точно жесткий вкладыш не повторял форму стакана, все равно нагрузки не будут

распределяться равномерно и повреждения не исключены.

Авторы нового способа предложили использовать... мешок с песком, т.е. вместо жесткого вкладыша - эластичный.

Рис.

А.с.675134: Штамп 1 бьет не по хрупкому стакану 2, а по мешку с песком 3, который и давление распределяет равномерно и торцы стакана защищает.

Вообще, надо помнить, что нет абсолютно жестких конструкций любую можно согнуть на определенный угол. Хороший прием: чтобы жесткий элемент сделать

более гибким, увеличивают его длину.

Например, при строительстве трубопроводов надо часто стыковать участки длиной в сотни метров. Но сварочные головки автомата действуют только в $1/4$ окружности, повернуть весь трубопровод нельзя, поэтому низ стыка сварить невозможно (приходится применять ручную сварку). По а.с. 340495 предложено закручивать трубы на 180 град это никак не отразится на трубопроводе большой длины.

Рис. 23.

Тот же прием использован в а.с. 901377 создан путеукладчик (рис. 23), который одновременно снимает старые рельсы со шпалами и укладывает новые; длина

заменяемых участков 800 м, поэтому их свободно изгибают спиралью, размещая на одних и тех же платформах.

Рис.

В дозаторе сыпучих материалов шнек выполнен из эластичного материала. Это позволяет регулировать шаг шнека (а.с. 222 781).

Динамизация телескопа и другой оптики оказалась столь эффективной, что появилась новая наука - адаптивная оптика (то есть приспособливающаяся к вредным воздействиям внешней Среды - загрязнению атмосферы, изменению положения Солнца и т.п.).

Разрабатываются мембранные зеркала, сами принимающие параболическую форму, жидкие линзы, с изменяющимся фокусным расстоянием и даже... жидкий телескоп (в качестве зеркала используется вращающаяся жидкость, например, ртуть - "Астрономический журнал", 1985, т. 62, вып. 3, с.598).

А вот изобретение 1949 года: а.с. 76409 - способ изготовления вогнутого зеркала для рефлекторных телескопов - серебро помещают в камеру, крышку приваривают, откачивают воздух, затем водородно-кислородные горелки нагревают камеру до расплавления серебра, вращают ее электродвигателем и серебро приобретает идеальную параболическую поверхность. Откачка воздуха нужна для того, чтобы он не

поглощался расплавом, так как при выходе поглощенного газа на поверхности образуются поры.

Оказывается, линзы можно образовывать из горячего воздуха прямо в тубусе телескопа.

Традиционные линзы телескопов, особенно больших, чересчур чувствительные к изменениям температур и потому требуют сложной системы терморегулирования.

Чтобы с этим не возиться, создали телеобъективы, где вместо обычных стеклянных или зеркальных линз применены газовые линзы. Газовую линзу формирует вращающийся металлический тубус. Его горячие стенки нагревают

заключенный в цилиндре воздух - чем ближе он к стенкам, тем теплее.

Благодаря нагреву, преломление воздуха меняется и создается линзовый эффект ("Изобретатель и рационализатор", 1989, № 11, с.37).

Чем жестче требования к системе, тем быстрее она динамизируется. Например, требования к точности машин долгое время не менялись (до 20 века) и однажды найденные технические решения оставались неизменными, удовлетворяли потребностям, но как только потребовалось увеличение ГПФ, так и узлы станков начали интенсивно совершенствоваться.

Пары трения (например, опора и вал)
- основа любых современных станков
- резко изменились за последние десятилетия.

Когда-то (от станка Нартова до 20 века) требования к точности обработки ограничивались миллиметрами и для этого достаточно было непосредственного соприкосновения трущихся деталей - опоры и вала. Это была эпоха твердой контактной поверхности. При увеличении точности обработки до долей миллиметра, до десятков микрон, стали применять жидкую смазку. В 80-х годах прошлого века

запатентована идея инженера Т.Орловского: подшипник скольжения, в котором вал при вращении не соприкасался с обоймой, а как бы парил в масле, заполнявшем под давлением зазор между ними. Это была идея бесконтактной гидростатической опоры. При дальнейшем увеличении точности потребовались еще более идеальные опоры - появились газостатические опоры (газ нагнетают под давлением через пористые втулки - опоры валов). Динамизация опор пока закончилась полем - успешно применяются в

сверхточных станках магнитные опоры.

В электротехнике с самого начала ее развития, одной из главных проблем была *задача повышения долговечности и надежности контактов* . Как говорят инженеры, "Электротехника это наука о контактах, главное в этой науке обеспечение контакта, где он нужен, и отсутствие, когда он не нужен". С наибольшей остротой эта проблема всегда стояла перед конструкторами электродвигателей и электрогенераторов их коллекторы - самая ненадежная часть этих устройств. Просмотр русского

фонда изобретений за последние 50 лет показал четкую тенденцию развития коллекторных щеток:

1. угольные щетки,
2. феррочастицы + магнитное поле (постоянный магнит),
3. магнитная жидкость,
4. струйки ионизированного газа,
5. разряд в вакууме.

Причем, более 20 лет из этого срока шло совершенствование угольных щеток. Несколько десятков изобретений на способы соединения угольной щетки с медным проводом; здесь пытались преодолеть

техническое противоречие: при спекании угля и сажи требуется температура 500-600 град., но при этой температуре на меди образуется окисный (диэлектрический) слой.

По пат. Франции 1557274 удалось разрешить это противоречие: проводник предлагалось делать из углеродных волокон, кончик проводника спекать - получится угольная щетка.

4.7. Закон увеличения степени вепольности системы

4.7.1. Формулировка закона и
основные направления
усложнения систем.

Развитие технических систем идет в направлении увеличения степени вепольности: невепольные системы стремятся стать вепольными, а в вепольных системах развитие идет путем увеличения числа связей между элементами, повышения отзывчивости (чувствительности) элементов, увеличения количества элементов.

Закон справедлив для периода развертывания технических систем. В сущности, это закон развертывания (усложнения) веполей - ведь любую ТС можно представить как некую совокупность простых веполей.

Как возникают ТС?

Появившаяся потребность обеспечивается вначале простым способом: изделие, обрабатываемое орудием труда (инструментом) и сила человека. Но при функционировании первого способа постепенно выявляются его недостатки и возникают новые потребности в увеличении полезной функции, в устранении участия человека, в присоединении к ТС новых полезных функций, в устранении вредных (побочных) функций и т.д. Все эти потребности поочередно воплощаются в

дополнительные подсистемы ТС, у которых, в свою очередь, проявляются недостатки и т.д.

Так возникли все современные сложные ТС, ведущие свою родословную от камня, палки, колеса. Разумеется, сложность не может увеличиваться бесконечно, на определенном этапе развития ТС наталкивается на ограничения (физические, экономические, экологические) и наступает период свертывания ТС в идеальное вещество...

Общий смысл закона: разворачивается (усложняется) та часть (элемент)

веполя, которая испытывает
наибольшее затруднение при
выполнении ГПФ системы (или при
увеличении ГПФ). Причем,
"больным" местом может быть
любой элемент или связь в веполе.

Возьмем в качестве примера
тепловую трубу. Потребность в
передаче тепла на расстояние
определила ГПФ будущей системы:
передача тепла от одной точки к
другой. Простейший способ
теплопередачи связь между точками
с помощью металлического стержня.
Примем эту связь (условно)
предшественником тепловой трубы и

изобразим эту систему в вепольной форме:

Рис.

Здесь один конец стержня B_H - зона нагрева, второй конец B_O - зона охлаждения (отдачи тепла P_T нагреваемому телу). Разница между P_T и P'_T терялась в процессе передачи по связи. Поэтому связь, выполняющая ГПФ, испытывала наибольшие требования по повышению эффективности - она и развивалась.

Следующий этап развития - термосифон (труба с рабочей жидкостью - водой):

Рис.

Здесь $B_{\text{зи}}$ - зона испарения в термосифоне, то есть приемник тепла, $B_{\text{зк}}$ - зона конденсации пара в жидкость, то есть зона отдачи тепла, $B_{\text{ж}}$ - рабочая жидкость, $B_{\text{п}}$ - пар.

Следующий этап - тепловая труба Гоглера, в которой к термосифону добавлена новая подсистема - возврата сконденсированной жидкости к зоне испарения с помощью фитиля (капиллярно-пористого материала):

Рис.

Итак, развертывание веполей - это обязательный этап развития любых

систем.

Развертывание осуществляется следующим образом:

- мобилизуются ВПР - за счет более полного использования имеющихся и применения "даровых" веществ и полей;
- в веполи вводят вещества и поля, которые позволяют без существенного усложнения реализовать новые ФЭ, расширить функциональные возможности системы и тем самым повысить степень ее идеальности;

- если не удастся использовать ВПР, новые ФЭ, то систему "достраивают" новыми полезно-функциональными ПС, которые увеличивают ГПФ системы, но и усложняют ее (это "черновики" будущих идеальных веществ).

4.7.2. Образование цепного веполя.

Если нужно повысить эффективность веполевой системы, задачу решают превращением одной из частей веполя в независимо управляемый

веполь с образованием цепного веполя.

а) разворачивание вещества в веполь:

Рис.

В₃ или В₄, в свою очередь, могут быть развернуты в веполь.

Например, изобретен декоративный светильник, который с изменением атмосферного давления изменяет цвет: в обычном светильнике светофильтр один и он закреплен неподвижно, а в новом светильнике светофильтры закреплены на гофрированной вакуумной камере, которая меняет свой объем в зависимости от атмосферного давления и

передвигает разноцветные светофильтры а.с. 779726).

Рис.

б) разворачивание связей в веполе:

Рис.

В этом случае в связь $B_1 - B_2$ встраивается звено $\Pi_2 - B_3$.

Например, в пат. Великобритании 824047 предложено устройство для передачи вращения одного вала другому: валы вставлены с двух сторон в цилиндрическую муфту, в зазоре между ними магнитная жидкость, твердеющая в магнитном поле, муфта - это электромагнит. Если электромагнит не включен, валы (B_1, B_2) свободно

вращаются (от П1) относительно друг друга. При включении электромагнита (П2) жидкость (В3) становится твердой и жестко связывает валы, то есть позволяет передавать вращающий момент.

в) разворачивание поля в веполе:

Рис.

Как извлечь запрессованную втулку из глухого отверстия?

Чтобы ухватиться за края втулки потребовалось сделать внутри втулки канавку и специальным съемником выдирать ее из корпуса детали. Это долго и ненадежно. А при массовом демонтаже неприемлемо.

***Рис. 18. Способ извлечения
запрессованной втулки.***

1 - валик-поршень, 2 - втулка, 3 - корпус, 4 -
масло.

Предложено намного более эффективное решение (рис. 18): в отверстие заливается масло, вставляется стальной валик и по нему производится удар молотком. При этом в масле возникает гидравлический удар, концентрирующий (многократно усиливающий за счет сжатия во времени) внешнее действие и втулка вылетает из отверстия ("Техника и наука", 1984, № 3, с.39).

Формула этого решения:

Рис.

Вот еще один безопасный способ
значительного повышения давления в
масле.

***Рис. 19. Способ получения высоких
давлений по а.с. 566656.***

1 - гибкий элемент (лента), 2 - барабаны, 3 -
отверстие, 4 - клапан, 5 - камера, 6 - готовка,
7 - матрица.

А.с. 566656: камеру заполняют маслом,
клапан закрывается, перематывают
гибкий элемент (ленту) с наружного
барабана на внутренний, при этом
увеличивается объем гибкого элемента
внутри камеры, давление резко
повышается и происходит калибровка
заготовки (рис. 19). По прототипу (а.с.
118162) в камеру для штамповки
впрыскивают жидкий азот, при нагреве

давление поднимается, но не выше 600-700 атм.; это сужает технологические возможности, нельзя, например, штамповать толстолистовые заготовки.

Рис. 20. Разъемное соединение по а.с. 1298439.

1 - электромагнит, 2 - вал, 3 - втулка.

А.с. 1298439: способ разъемного соединения охватываемой и охватывающей детали по которому с целью уменьшения трудоемкости и увеличения производительности монтажа-демонтажа соединения, охватывающую деталь выполняют из магнитострикционного материала с положительным коэффициентом магнитострикции, а ее упругую деформацию осуществляют воздействием магнитного поля (рис. 20).

Рис.

То есть плохо управляемые поля (механические - насадки, развальцовка, тепловое - горячая посадка) заменены на хорошо управляемое магнитное поле с одновременной заменой вещества втулки:

А.с. 994447: способ упрочнения стеклянных труб путем ионного обмена в расплаве солей при наложении упругих колебаний, *отличающийся* тем, что с целью повышения качества труб неограниченной длины, трубы перемещают через расплав соли, а упругие колебания создают наложением переменного магнитного

поля и направляют перпендикулярно оси трубы.

Вместо механического возбуждения упругих колебаний использовано магнитное поле:

Рис.

г) *Изменение положения центра тяжести системы* : часто эффективность движущейся системы может быть повышена за счет управляемого изменения его центра тяжести.

Примеры :

Трактор для работы на крутых склонах имеет подвижный центр тяжести (а.с. 508427).

Полый молоток, в котором свободно перемещается ртуть, дробь и т.п. (при замахе в рукоятку, при ударе в боек), хорошо устраняет противоречие: для хорошего удара молоток должен быть тяжелым, а для экономии силы рабочего легким.

А.с. 354784: способ подготовки семян к посеву путем их гранулирования, отличающийся тем, что с целью обеспечения последующего высева семян, требующих ориентированной укладки на дно борозды, например, луковичных, донцем вниз, их размещают в гранулах со смещением центра тяжести относительно центра тяжести гранул, причем донце располагают в непосредственной близости к поверхности гранулы.

Задача 9. Из книги Г.Берегового "Угол атаки" (издательство "Молодая гвардия", 1971 г.):

"Устойчивость самолета, грубо говоря, зависит от расположения центра тяжести и центра аэродинамического давления той точки приложения равнодействующих сил, которые возникают при встрече воздушного потока с плоскостями крыльев, фюзеляжем и хвостовым оперением. В условиях полета оба эти центра подвижны. Чем дальше они друг от друга, тем больший в этот момент запас устойчивости; при их сближении запас устойчивости, наоборот, уменьшается и, когда он совпадает, становится равным нулю. Парадокс заключается в том, что чем меньше

запас устойчивости, тем маневреннее, тем легче в управлении машина, но вместе с тем и ближе к тому, чтобы выйти из повиновения, стать неуправляемой."

Какой закон нужно применить, чтобы запас устойчивости самолета менялся по желанию летчика?

4.7.3. Образование двойного веполя.

Если дан плохо управляемый веполю и нужно повысить его эффективность, причем замена элементов этого веполя недопустима, задача решается постройкой двойного веполя путем

введения второго поля, хорошо поддающегося управлению.

Рис.

Примеры :

Для очистки сильнозагрязненных ампул их заполняют раствором и встряхивают (П1), а вокруг создают разряжение (П2) и наполняющая их моющая жидкость закипает (а.с. 295299)

Для повышения сцепления шины с дорогой используется не только вес автомобиля (П1), но и специальный узор протектора, из углублений которого вытесняется воздух и с помощью создаваемого вакуума (П2) шина как бы прилипает к дороге ("Юный техник", 1986, №6, с.46)

4.8. Закон неравномерности развития систем

Развитие частей системы идет неравномерно: чем, сложнее система, тем неравномернее развитие ее частей.

Неравномерность развития частей системы является причиной возникновения технических и физических противоречий, и, следовательно, изобретательских задач. Например, противоречие характерное для сегодняшней электроники: дальнейшее уменьшение размеров электронных

устройств сдерживается главным образом размерами элементов (или блоков) питания.

К началу века окончательно определились пороки ламп с угольной нитью. Угольная нить быстро разрушалась, ограничивала температуру накала и яркость свечения. Для увеличения ГПФ требовалась нить из какого-то тугоплавкого металла.

А.Лодыгину удалось сделать нить из вольфрама и продемонстрировать такую электролампу на Всемирной выставке в Париже в 1900 г. Однако металлургам не удалось тогда создать технологию производства тонких вольфрамовых нитей. В Германии была запатентована и осуществлена технология получения нитей из другого тугоплавкого металла - тантала. Было организовано серийное производство. Но по качеству

(прочности, долговечности) с вольфрамом не мог соперничать не один металл. Поэтому, в конце концов, (через несколько десятилетий) технология производства нитей из вольфрама была разработана и вся электроламповая промышленность перешла на лампы с вольфрамовой нитью.

Изменение в одной части ТС приводят к цепной реакции технических решений - рано или поздно происходят изменения во всех частях ТС.

Закон справедлив на всей линии развития технической системы.

В период развертывания ТС , из-за неравномерности развития,

возникающие противоречия разрешаются путем создания новых полезно-функциональных ПС система постепенно обрастает множеством подсистем и увеличивает ГПФ.

В период свертывания ТС возникшие противоречия разрешаются путем исчезновения ПС, ТС - их функции передаются соседним системам или их заменяет идеальное вещество ("умное", запрограммированное на выполнение функции, которую выполняла до этого целая ПС или ТС).

Механизм возникновения неравномерности:

- возникает потребность в увеличении ГПФ,
- для увеличения ГПФ требуется усилить (выделить) какое-то свойство элемента системы - это начало специализации элемента, дифференциации свойств в системе (как в начале техники лежал процесс выделения из моно-структуры рабочего органа, трансмиссии и т.д.),

- при усилении одних свойств элемента нарушается взаимодействие (согласованность) с другими элементами, возникает противоречие,

- противоречие разрешается появлением новых П, В, ПС или ИВ, этим достигается новый уровень согласованности между элементами системы - краткий миг гармонии в "жизни" системы (точка равновесия).

Равновесие - термодинамическое понятие. Поэтому часть принципов термодинамики (и современной синергетики) вполне подходит для объяснения процессов неравномерного развития техники.

Например, *принцип (теорема) Онсагера* : движущая сила любого процесса - это появление неоднородности в системе.

Л.Онсагер (американский физик) сформулировал теорему в 1931 году для термодинамических систем, в которых имеются градиенты температуры, концентраций компонентов, химических

потенциалов и т.д. (тогда возникают необратимые процессы теплопроводности, диффузии, химической реакции). Технические системы, в этом смысле, следует отнести к неравновесным термодинамическим системам - в процессе совершенствования в ТС всегда имеются неравномерно развитые части.

Совершенствование ТС - это следствие творческой деятельности человека. *Смысл творчества - повышение степени организованности и управляемости окружающего мира (с точки зрения человека и общества)* . Развитие

материи - это два встречно-направленных великих процесса: процесса развития и самосовершенствования живого вещества и процесса деградации - энтропии неживого вещества.

Рис.

Из второго начала термодинамики следует, что при увеличении степени организованности материи в одном месте, тут же возрастает степень дезорганизованности (энтропии) в другом месте. Любое прогрессивное изменение вызывает где-то и регрессивное. Творчество (созидание) является причиной

деградации в другой части. Усиление системности, преобладание системообразующих факторов сопровождается распадом или ухудшением функционирования других систем... Великая задача жизни (цивилизации) - повышать организацию внутри за счет деградации вне сферы жизни.

Движущей силой развития техники, в конечном счете, является развивающаяся жизнь, движение живой материи. Собственно, техника есть только средство (скорее всего, временное!) для достижения целей (каких?!) развития живого...

4.9. Закон перехода с макро- на микро-уровень

4.9.1. Формулировка закона и основные направления его применения.

Развитие рабочих органов идет сначала на макро-, а затем на микро-уровне.

Иными словами, вместо колес, валов, шестеренок должны работать молекулы, атомы, ионы, электроны и т.д., которые легко управляются полями с помощью физико-химических эффектов.

Закон действует на всей линии развития ТС. Основной смысл развития заключается в увеличении ГПФ систем. И это стремление изобретателей сравнительно легко осуществляется (на первых этапах развития ТС) на макро-уровне - идет увеличение размеров и мощности действия рабочих органов систем.

Макро-уровень - условное понятие отражающее лишь особенности мышления человека, первый "слой" восприятия окружающего мира у человека всегда связан с предметами соизмеримыми с ним, непосредственно ощущаемыми

свойствами этих предметов. Другие "слои" мира (как выше, так и ниже "человеческого") скрыты, остаются за гранью непосредственного восприятия. Нужен определенный запас знаний, тренировка, некоторые приемы воображения, чтобы расширить видение реального мира. Это один из глубинных видов психологической инерции и с его преодоления начинается элементарная культура изобретательского творчества.

Возможности *экстенсивного* развития ТС (т.е. увеличение ГПФ за счет изменений на макро-уровне) быстро исчерпываются, а рост МГЭ

(массы, габаритов, энергоемкости) ограничивается, например, физическими пределами. Поэтому переход на микро-уровень неизбежен: начинается задействование все более глубинных структур вещества, высвобождение при этом дополнительных резервов энергии, выявление и использование новых (неизвестных на макро-уровне) свойств материи, применение более управляемых полей и легкоуправляемых микрочастиц вещества. Это единственный путь *интенсивного* развития ТС - повышение организованности (с точки зрения

целей человека) все более низких системных уровней вещества.

В стихийном изобретательстве переход на микро-уровень начинается обычно с дифференциации свойств, зон и функций материала рабочего органа ТС. Для увеличения ГПФ требуется, чтобы одна часть (зона) рабочего органа была острой, другая - тупой, твердой - мягкой и т.д. В отдельных зонах усиливаются необходимые свойства, происходит переход однородной структуры к неоднородной. Соответственно дифференцируются функции - разные части (зоны) объекта

выполняют разные функции.

Одновременно для разделившихся зон обеспечиваются наиболее благоприятные условия для осуществления их функций.

Дифференциация свойств и функций приводит к разделению (расслоению, расчленению) вещества, сплошное вещество заменяется на слоистое - волокнистое - дисперсное. При этом отдельные части (слои, волокна, частицы), для совместной работы в составе рабочего органа, объединяются так, чтобы усиливались полезные функции и ослаблялись вредные. Таким образом, возникающие в процессе

развития материалов ТС
противоречия (ТП, ФП) -
противоположные требования к
свойствам одного и того же вещества
- разрешаются переходом на микро-
уровень.

Возможны три направления (три
линии) перехода с макро- на микро-
уровень:

- *увеличение степени
дробления вещества и
объединение дробных частей в
новую систему,*
- *увеличение степени
дробления "смеси" вещества с*

*пустотой (переход к КІПМ -
капиллярно-пористым
материалам),*

- *замена вещественной части
системы на полевую (переход к
действию "поле плюс
вещество" или только к полю).*

4.9.2. Увеличение степени дробления
вещества и объединение дробных
частей в новую систему.

Это направление развития рабочих
органов ТС можно изобразить
следующей линией:

Рис.

Примеры:

Шаги 1-2. Еще в древности кто-то построил первый саманный дом, смешав солому с глиной - получилось прочное надежное сооружение. В древнем Вавилоне соединили глину с тростником, а в Др. Греции вставляли железные прутья в мраморные колонны. При строительстве храма Василия Блаженного в Москве каменные плиты (прототип железобетона) скрепляли железом.

Современные слоистые материалы - фанера, биметаллы, волокнистые стеклопластики, углепластики, металлы армированные различными волокнами, фибробетон, матричные - железобетон (стальная арматура - матрица, бетон - наполнитель).

Шаги 1-3.

А.с. 647628: 1. устройство для крепления оптических деталей (например, линзы в металлическом корпусе) с помощью промежуточного элемента, увеличения жесткости крепления промежуточный элемент выполнен в виде порошка, которым заполнена полость между оптической деталью и корпусом. 2. Устройство по п.1, отличающееся тем, что полость между оптической деталью и корпусом выполнена герметичной.

А.с. 1068693: мишень для стрельбы из лука в виде кольцевого электромагнита и ферропорошка (бисер из ферромагнитного стекла, кусочки магнитной резины).

Шаги 1-4. Для обработки канала зуба перед пломбированием используют тонкие боры. Причем, каналы обычно сужаются в корне зуба и невозможно тщательно вычистить канал "до дна". Чем тоньше бор, тем быстрее он ломается и его извлечение далеко не всегда простая задача. Как быть?

Если инструмент на каких-то режимах работы ломается, а эти режимы изменить невозможно, то надо соответствующим образом организовать работу "сломанного" инструмента. Что такое "сломанный" бор? По а.с. 1286190 предложено обрабатывать канал магнитной жидкостью (порошок восстановленного железа в хлорамине) и воздействовать переменным

электромагнитным полем частотой 13-40 МГц.

Шаги 1-6: щетки электродвигателя/
генератора - сплошные, волокнистые,
порошок, агрегаты молекул (магнитная
жидкость), ионизированный газ, поток
электронов в вакууме (см. пример в
разделе 4.6.2).

*Дополнение к шагу 5 : если нужны
частицы вещества, а
непосредственное их получение (или
введение в систему) невозможно, то
частицы получают разрушением
вещества более высокого
структурного уровня (молекулы из
ионов) .*

4.9.3. Увеличение степени дробления "смеси" вещества с пустотой (переход к КПМ).

Рис.

Примеры:

*Шаги 1-4, 7 . Эволюция вещества
автомобильных шин:*

- шина из сплошного вещества,
- шина с воздушной полостью (камерой),
- многокамерная шина (полость разделена перегородками),
- макропористые шины,
- шины из КПМ,

- шины с полостью заполненной пористыми полимерными частицами и гелеобразным веществом (пат. РФ 908243).

Шаги 1-2. Даже лемех плуга

преображается: из сплошного в полый, перфорированный - в него подают жидкость, удобрение, выхлопные газы двигателя (в качестве удобрения), по нему пропускают электрический ток для уничтожения сорняков.

Подобная эволюция характерна и для многих живых "систем", только природе на бесчисленные пробы и ошибки потребовалось миллионы лет поиска, прежде чем были

найденны эффективные "технические решения".

Например, аммониты - головоногие моллюски в раковинах, которые вымерли 80 млн. лет назад, а до этого 400 млн. лет жили на Земле, были хищниками и "разбойничали" в тогдашних морях и океанах, - так вот, эти аммониты были вначале очень неуклюжими, с трудом таскали на себе массивные спиральные раковины, но постепенно в сплошном веществе образовывались полости, они заполнялись воздухом, затем раковины превратились в многокамерные облегченные конструкции (только в последней по спирали камере, жилой, помещалось тело моллюска), в конечном итоге стали довольно совершенными гидростатическими аппаратами: от жилой через все остальные камеры проходил

сифон, обеспечивающий регулировку плавучести.

Шаги 1-5.

А.с. 435829: эластичное компенсирующее изделие для уплотнения (герметизации) перчаток и носков в скафандрах при высотных полетах. Обычное уплотнение представляет собой кольцевую эластичную трубку, в которую нагнетают воздух. Предложено в кольцевую камеру охватывающую запястье помещать вкладыш из латексной губки с открытыми порами. При нормальном атмосферном давлении камера не работает, во вкладыше содержится определенное количество воздуха. Если давление окружающей среды падает, то воздух выделяется и камера раздувается до

уравнивания давления. Здесь КПМ использован как хранитель газа.

Шаг 5. Заполнять поры КПМ может не только газ. Есть, например, детали ракетных двигателей работающие при температурах 40000С и выше. Ни один материал не выдерживает таких температур, точка плавления самого тугоплавкого металла вольфрама - 39000С (керамика не годится из-за резких динамических нагрузок). Пористый вольфрам заполняют медью - пока не испарится.

Наиболее наглядным преимуществом перехода к КПМ служит резкое уменьшение веса конструкций (при сохранении прочности). Часто вес - главная характеристика

ограничивающая в земных условиях дальнейшее развитие технических систем.

Например, для изготовления оптических зеркал диаметром 1 метр и более раньше использовали сплошной материал, однако огромная трудоемкость и невозможность эффективной термостабилизации при одностороннем нагреве (большая тепловая инерция) вынудили перейти на облегченные конструкции.

Обычно это две пластины (одна из них имеет зеркальную поверхность), жестко соединенные ребристым каркасом, который образует структуру из правильных шестиугольников, треугольников или квадратов. Такие зеркала удастся облегчить по сравнению с монолитными тех же размеров и

жесткости в 2,5-4 раза. В результате зеркало диаметром, например, 1 метр будет весить 300 кг. Чтобы еще уменьшить вес, в Институте общей физики РАН стали создавать крупногабаритные зеркала из пористых материалов. Зеркало диаметром 1 метр состоит из корпуса, изготовленного из пористой меди, верхней зеркальной пластины толщиной 5 мм из монокристаллической меди и нижней пластины, так же толщиной 5 мм из нержавеющей стали. Общая толщина такого зеркала составляет 100 мм., вес - 150 кг.

Вес пористой меди, из которой изготовлен корпус зеркала, составляет всего 17% от веса монокристаллической меди, занимающей тот же объем. Размер элементарной пористой ячейки примерно равен 1,5 мм.

Сейчас можно получать пористые материалы из металлов и их сплавов с пористостью, достигающей до 98% и размером ячеек от десятков микрон до десятков миллиметров (Письма в ЖТФ, 1985, т.11, вып. 22, с. 1350-1354).

Шаги 1-6. Первые способы преграждения распространения пламени в газопроводах или воздухопроводах представляли собой щелевые металлические вкладыши, слой шариков и даже сетчатые кассеты с песком. Здесь главное техническое противоречие: огнепреградитель должен иметь большие "дырки" для того, чтобы хорошо пропускать газ, и "дырки" должны быть очень маленькие для эффективного задержания пламени. То есть идеальный огнепреградитель должен состоять почти что из одних только мельчайших "дырок" с перегородками минимальной толщины.

По а.с. 262822 предложено использовать КПМ из прессованных ниток металловолокна. А чтобы еще больше снизить гидравлическое сопротивление, следует использовать вставку с большими диаметрами отверстий, но с наложением электростатического поля (а.с. 369913) - оно позволяет в три раза увеличить диаметр по сравнению с критическим.

Тенденция "дробления" пустоты хорошо видна на истории развития способов подъема затонувших кораблей (Гора Джозеф Н. Подъем затонувших кораблей. Л.: Судостроение, 1985).

Сначала использовался механический способ - на корабле закрепляли канаты и поднимали его на поверхность. Однако не всегда удавалось провести операцию

подъема, так как штормы на поверхности моря и меняющие свое направление подводные течения создавали путаницу в системе тросов.

Предлагалось использовать подземную силу более легких, чем вода жидкостей бензина, соединений аммиака и пр. Жидкость закачивалась бы в полости затонувшего судна и вытесняла бы воду. Но из-за малой подъемной силы от жидкостей отказались и в дальнейшем использовали только газы (воздух).

Наиболее часто использовали понтоны: их затопляли, прикрепляли к судну по обоим бортам, продували сжатым воздухом (полость - заполнение водой - снова полость). Основные недостатки: огромные трудности закрепления понтонов на больших глубинах,

затонувшее судно с понтонами при достижении плавучести может выскочить на поверхность с такой скоростью, что понтоны разлетятся вдребезги или из них выйдет воздух и судно снова погрузится в пучину океана. Последнее объясняется тем, что оторвать судно от дна - иногда сложная проблема, так как из-за сцепления с грунтом или илом требуются усилия намного большие, чем при простом подъеме. Хорошие результаты были получены при использовании электролиза: к корпусу судна подключали кабелем "плюс", а недалеко от судна опускали второй кабель - "минус". Образующиеся пузырьки газа при разложении воды разрушали вредную связь в веполе - сцепление с грунтом падало до нуля. Разновидностью "понтонного" способа был способ использования плавучести самого

корабля: проводилась тщательная герметизация судна (заделка всех отверстий) и продувка сжатым воздухом.

Чтобы не герметизировать судно (т.е. не изготавливать одну большую полость), хорошо было бы использовать много маленьких полостей - так возникла идея заполнения полостей корабля шариками для пинг-понга; простой расчет показал неосуществимость этой идеи - шарики лопнули бы уже на глубине 4,5 метра. Обсуждалась даже идея использования стеклянных полых шариков (дорого, ненадежно).

Самое простое "дробление" пустоты образование пены. В 1964 году для подъема баржи "Ламберджек" со дна Калифорнийской бухты впервые использовали твердый полиуретан. На

спасательном судне - две емкости с компонентами пенополиуретана и вспенивающим веществом с низкой температурой кипения. На дне установили смесительную емкость (цистерну), откуда готовая смесь под давлением выбрасывалась в полости баржи (шприцем - водолаз). При выходе резко падало давление, вспенивающее вещество мгновенно испарялось, образовывалась газо-полиуретановая масса, через несколько минут масса затвердевала. 0,9 кг массы вытесняли 60,5 кг морской воды. Пена автоматически закупоривала небольшие отверстия (пробоины) и иллюминаторы затонувшего судна. На подъем 500-тонной баржи пошло 27 т. пенополиуретана. Одно плохо: для очистки помещений затвердевший пенополиуретан приходилось вырубать,

т.е. дробить. Поэтому еще более эффективный и удобный в применении способ использования пены - ее предварительное дробление (превращение в гранулы).

Голландская фирма "Вейсмюллер", специализировавшаяся на ведении спасательных работ, применила новый способ подъема затонувших кораблей. В 1965 г. траулер "Джако-Мина" водоизмещением 108 т затонул в шести милях к северо-западу от голландского порта Эймейден. Судно длиной 27,4 м легло на грунт правым бортом на глубине 18 м. Поскольку размеры траулера не позволяли имевшемуся спасательному судну поднять его с помощью лебедок, то было решено воспользоваться полистироловыми шариками размером с горошину (из вспененного полистирола),

состоявшими на 98% из воздуха и всего на 2% из самой пластмассы. Помимо того, что шарики совершенно не впитывали воду, они, в отличие от сжатого воздуха равномерно давившего во всех направлениях, создавали усилие, направленное только вверх. Шарики закачали по шлангам, в смеси с водой, в корпус траулера. 60 куб. м. гранул. Они уменьшили вес траулера настолько, что траулер легко подняли на поверхность. Впервые идею применения полистироловых гранул высказал датский изобретатель К.Крейер. Подобный способ - пат. ФРГ 1247893 (1967 г.): плавающие тела из пенопласта закачиваются в судовые помещения с помощью помпы со спасательного судна.

Удаление гранул из поднятого судна осуществлялось насосами для разгрузки

зерна, то есть намного проще, чем при удалении пенополиуретана (ППУ). Кроме того, ППУ невозможно применять на глубинах более 90 м - не образуется пена, не хватает давления вспенивающего газа.

На подъем затонувшей землечерпалки (более 1000 тонн) в 1967 г. по способу Крейера потребовалось 27 т гранул. Это, все же, немало. Как уменьшить затраты на транспортировку? Другая голландская фирма "В.А.Ван ден Так" применила остроумный способ - микрокапсулирование - для подъема датского грузового судна водоизмещением 4,2 тыс. тонн, масса которого была в 31 раз больше "Джако-Мину". Полистироловые гранулы (зародыши гранул - микрокапсулы) размером с сахарные песчинки закачивали по шлангам в судовые отсеки потоком

воды под давлением, а затем нагревали водяным паром - в результате их первоначальный объем увеличивался в 50 раз. Портативная установка для производства микрокапсул на месте легко транспортируется самолетом в любой уголок земного шара.

Итак, развитие способов подъема затонувших кораблей шло путем использования:

- сплошного тела (подъем затопленного судна тросами без вытеснения воды из внутренних отсеков судна),
- больших полостей (понтон),

- множества маленьких полостей (твердая пена - ППУ),
- дробленой пены - шариков, гранул из вспененного пластика,
- зародышей пенопластовых гранул (микрокапсул).

Незнание подобных закономерностей дорого обходится обществу - годы уходят на то, чтобы стихия изобретательства натолкнулась на прогрессивные технические решения, связанные с применением КПМ и сопутствующих этим веществам эффектов.

Показательна в этом смысле история разработки в Институте общей физики РАН новых типов зеркал для мощных лазеров ("Наука и жизнь", 1985, № 9, с. 50-53).

Практически во всех типах лазеров генерация возникает в резонаторе, состоящем минимум из пары оптических зеркал. Через одно из них (например, полупрозрачное) излучение выводится наружу. Поначалу прекрасно обходились традиционными кварцевыми дисками с зеркальным покрытием. Но за последние годы мощность лазеров выросла в сотни, тысячи раз. Возникла проблема создания зеркал,

способных работать под воздействием мощного излучения. Эта проблема стала одной из ключевых для совершенствования мощных лазеров.

Даже зеркало с очень хорошей оптической поверхностью не полностью отражает падающее на нее излучение, примерно 1% его поглощается и превращается в тепло. В мощных лазерах этого достаточно, чтобы в зеркале возникли термические напряжения. Они искажают геометрическую форму отражающей поверхности, поэтому невозможно добиться концентрации пучка излучения в малой области (в точке). Тепловые деформации, кроме того, приводят к срыву генерации: лазер перестает быть лазером.

Каков предел для тепловых деформаций? Он не должен превышать 5-10% от длины волны лазерного излучения. То есть, например, для СО-лазера с излучением в ИК-области (длина волны 10,6 мкм) искажения не должны быть больше 1 мкм. Если такое зеркало взять в руки, то уже через несколько секунд из-за неравномерного нагрева теплом руки деформации оптической поверхности превысят допустимую величину. Но это временная "порча" - упругие (обратимые) деформации.

Кроме упругих деформаций может наступить при больших мощностях пластическая деформация, тогда участок зеркала "поплывет", разрушится.

Требуется создать зеркала, которые бы выдерживали длительные нагрузки до

нескольких киловатт на 1 кв. см. поверхности. Такой поток энергии сравним с потоком, излучаемым Солнцем с единицы поверхности. Это значит, что если мы "положим на Солнце" зеркало, то его форма не должна измениться больше, чем на микрон!

Путь решения этой задачи был такой :

Физики рассудили просто: кварц плохо проводит тепло, заменим его на металл. Но металл непрозрачен, придумали пропускать излучение (сделать металл как бы полупрозрачным) через отверстие в центре диска, как через диафрагму фотоаппарата (рис. 21 а).

Рис. 21. Разработка зеркала для мощного лазера.

1 - резонатор, 2 - металлические зеркала, 3 - поток лазерного излучения, 4 - зеркальная поверхность, 5 - теплоноситель, 6 - КПМ, 7 - пар.

- а) блок резонатора, излучение выводится через отверстие в зеркале,
- б) зеркало с канальной структурой, поток теплоносителя охлаждает ребренную стенку,
- в) зеркало охлаждается теплоносителем, протекающим через пористый материал,
- г) вода подается к отражающей поверхности по каналам, закипает, смесь жидкости и пара выносятся в поперечный поток теплоносителя,

охлаждается и выводится за пределы зеркала.

Металлический диск хорошо отводил тепло, но имел и недостатки: высокий коэффициент теплового расширения (легко меняет свои размеры и форму при изменении нагрузки), низкая твердость - трудно отполировать так же хорошо, как и кварц.

(Примечание: даже такое техническое решение замена кварца на металл - показалось диким, необычным, оно буквально шокировало оптиков - специалистов по изготовлению зеркал).

Затем, начался поиск лучшего состава: металлы, сплавы; были перепробованы практически все доступные для массового применения сплавы. В результате такого поиска удалось

увеличить в 10 раз порог оптической работоспособности.

Но световые, а значит, и тепловые нагрузки росли (увеличение ГПФ).

Теплопроводность металла не могла обеспечить отвод мощного потока тепла. Как быть?

Требуется охлаждение - принудительный отвод тепла движущейся жидкостью. При охлаждении движущейся жидкостью количество отводимого тепла тем больше, чем выше разность температур нагретого тела (зеркала) и охлаждающей жидкости. Расчеты показали, что задача была бы решена, если эта разность составляла бы величину больше 1000 град. То есть зеркало должно иметь температуру около 1000 град. Но такая

температура невозможна для металлического зеркала, так как нельзя обеспечить хорошее качество оптической поверхности при такой температуре. Противоречие: для хорошего теплоотвода нужна высокая температура, а для стабильности геометрической формы и других оптических характеристик зеркала нужны низкие температуры (комнатные).

Значит, гладкая поверхность тыльной стороны зеркала не обеспечивает требующуюся интенсивность теплоотвода. Чтобы увеличить поверхность теплопередачи протачивали канавки, прогоняли по ним воду. Чтобы ускорить теплоотвод стенки каналов сделали тонкими, но они дрожали, деформировались из-за пульсации воды.

Противоречие разрешили переходом к КПМ.

Достоинства КПМ: большая поверхность теплоотдачи, хорошее перемешивание охлаждающей жидкости, которая движется в капиллярах, высокая механическая плотность - матрица-скелет надежно держит зеркальную поверхность и сохраняет ее геометрию. На КПМ наносят покрытие, полируют, оно становится зеркалом. Толщина покрытия - 100-500 мкм, не больше, иначе оно будет задерживать тепло. Способы нанесения: например, с помощью химических транспортных реакций из газовой фазы, то есть сборка из атомов. А это значит, что поверхность будет изначально очень гладкой (горбы и впадины не более 0,1 мкм), а после обработки (полировки)

неровности составляют тысячные доли микрона.

Но... снова увеличение ГПФ, температура растет...

Значит надо так увеличить скорость движения теплоносителя, чтобы молекулы жидкости уже не "плыли", а "летели". Как это сделать? Противоречие: для хорошего теплосъема агент должен быть жидкостью (высокая теплоемкость), а для быстрой смены (притока-оттока с высокой скоростью) должен быть газом. Фазовый переход: при съеме тепла - жидкость, а при отводе - газ (пар). Жидкость должна кипеть, испаряться и стремительно уноситься из зоны нагрева. Для улучшения кипения - нагрев и пониженное давление воздуха (движению частиц пара не мешают

молекулы воздуха). Тепловая труба! В качестве жидкости использовали расплавленный металл, который при испарении уносил с собой достаточно большие порции тепла. Скорость движения пара можно довести до скорости звука - это предел.

На таких зеркалах достигнута высокая интенсивность теплоотвода - несколько десятков киловатт с 1 кв. см., в принципе может достигать сотни киловатт/кв. см.

А дальше? Увеличение ГПФ - неостановимый процесс. Как отвести мощность в 1000 кВт/кв. см? Или 10000 кВт/кв. см?!

При такой мощности толщина стенки должна быть исчезающе малой (1 мкм, 0,001 мкм...), то есть ее не должно быть совсем. Да и само зеркало при

температуре, скажем, 10000 град., исчезнет, станет газообразным (плазмой). Зеркала нет, а функция должна выполняться... Поле (луч лазера, электромагнитное излучение) должно само создавать себе зеркало пусть оно будет всегда жидкое (или газообразное) с постоянно обновляющейся поверхностью. Следующий физический предел (после скорости звука) - скорость света; если с такой скоростью будет отводиться тепло (ИК-излучение?), то мощность лазера может возрасти на несколько порядков.

В заключение по разделу можно отметить удивительную особенность перехода к КПМ: какие бы факторы не "подталкивали" развитие технических систем, будь то вес

(телескопы), подъемная сила (антивес для подъема кораблей), высокая температура (зеркала лазера), результат развития один и тот же - появление в системе мелкопористых и капиллярно-пористых материалов.

4.9.4. Замена вещественной части системы на полевую.

На любом из этапов дробления вещества (или "смеси" вещества с пустотой) может возникнуть препятствие для совершения следующего шага развития - или нет такого вещества, или резко

ухудшается другая часть (свойство) системы, или существует запрет со стороны законов природы. В этом случае увеличение ГПФ можно достичь *путем замены части системы веществом, способным при взаимодействии с полем выполнять требуемые действия, или самим полем*. Причем, источником (носителем) поля могут быть "по совместительству" вещества, уже имеющиеся в системе или во внешней среде.

Международная заявка РСТ 82/01071:
способ измерения чистоты воды
предусматривает пропускание ее через
изолированную трубку в ячейке между
электродами для измерения

трибоэлектрической Э.Д.С. генерируемой потоком.

А.с. 504982: сигнализатор уровня жидкости, преимущественно топлива, содержащий поплавок с контактом, корпус с другим контактом, изолированным от него, индикатор, в цепь которого включены указанные контакты, отличающийся тем, что с целью исключения источника питания из сигнальной цепи и предотвращения возможного искрообразования на контактах, контакты корпуса и поплавок выполнены из разнородных металлов, например, меди и константана, образующих при замыкании холодный спай термопары, а другой спай, расположенный вне объекта контроля, снабжен источником подогрева.

Если в системе нет веществ - источников полей, то необходимо использовать внешнее поле, имеющееся во внешней среде или специально введенное.

На использовании внешних полей - ветра, солнечной радиации, электрического и магнитного полей Земли, электромагнитных волн и т.п. - основано великое множество изобретений. Причем, чем мельче частицы в системе, тем легче поддаются они действию полей, то есть повышается их управляемость.

Например, имеющийся поток мелкодисперсных частиц можно разделить на части и зарядить их разноименными зарядами, управлять электростатическим полем.

А.с. 141713: способ создания деталей любой конфигурации. В высокотемпературную плазменную горелку подается электрод, между электродом (анодом) и соплом горелки (катодом) возбуждается дуговой разряд с высокой плотностью тока. Материал электрода испаряется, выносится потоком инертного газа (гелий, аргон), попадает в зону действия электромагнитов, электромагнитное поле сжимает поток плазмы в тонкий шнур, который фокусируется электромагнитной линзой и далее оседает на специальном

экране. Две магнитные отклоняющие системы управляют плазменным пучком, перемещая его по экрану. Металл осаждается на непрерывно охлаждаемом экране, принимая любую заданную форму.

А.с. 339397: устройство для безопилочного резания древесины, включающее станину и рабочий орган с режущим инструментом, отличающийся тем, что с целью повышения производительности и качества пиления, режущий инструмент выполнен из магнитострикционного материала с двусторонней заточкой передних граней и соединен через электромеханические преобразователи с высокочастотным преобразователем.

Пример перехода инструмента с макро- на микроуровень путем замены вещества полем:

Рис.

Если в системе нет веществ - источников поля и нет возможности использовать внешние поля, то в систему необходимо включить вещества, которые могли бы стать источником поля.

А.с. 575114: способ удаления микроорганизмов и других трудноотделимых веществ из жидких сред в центробежном поле, по которому для более полного удаления в жидкость дополнительно вводят вещества-адсорбенты, не растворяющиеся в жидкости и имеющие большой удельный вес.

А.с. 518591: мальтийский механизм, содержащий ведущее звено и ведомый мальтийский крест, отличающийся тем, что с целью повышения срока службы, ведущее звено снабжено секторами из магнитомягкого материала с установленными в них постоянными магнитами, а мальтийский крест снабжен пластинками из гистерезисного материала.

Часто поля получают при введении в систему веществ, способных к фазовым переходам первого-второго родов (сжимающиеся или расширяющиеся вещества, биметалл, нитинол). Например, множество изобретений основано на переходе вода-лед, вода-пар - для

развальцовки, диффузионной сварки или формования металлических деталей.

4.10. Закон перехода в надсистему

4.10.1. Формулировка закона и основные направления образования надсистем

Развитие системы, достигшей своего предела, может быть продолжено на уровне надсистемы.

Один из путей такого перехода:
технические системы объединяются с образованием би- и поли-систем.

Объединение систем в надсистему выгодно для ТС:

- часть функций передается в НС (например, ремонт телевизоров в одной мастерской),
- часть подсистем выводятся из ТС, объединившись в одну, становятся частью НС (коллективная антенна вместо десятков индивидуальных),
- у объединенных в НС систем появляются новые функции и свойства. (высококачественное кабельное телевидение от

одной квартальной или поселковой антенны, плюс возможность организации видеосвязи по тем же кабелям).

Возникшие би- и поли-системы также не останавливаются "на достигнутом" - их развитие идет как "вверх" (образование еще больших наднадсистем), так и "вниз" (свертывание нескольких систем в одну систему или, даже, в идеальное вещество). Такой двухсторонний, встречный процесс можно изобразить следующим образом:

Рис.

Развитие техники в чем-то напоминает развитие жизни на Земле: объединение живых организмов во все большие надсистемы по цепочке: " *клетка - организм - популяция - экосистема - биосфера* ", совмещение функций (лист растения совмещает в себе функцию преобразователя солнечной энергии в химическую, функцию насоса, поддерживающего давление в капиллярах, функцию регулятора температуры, функцию кладовой питательных веществ; печень выполняет более 20 функций), а также свертывание систем с полезной функцией в идеальное

вещество (например, система передачи наследственной информации сначала была "*отработана*" на клеточно-организменном уровне, а затем "*свернулась*" в генетический аппарат). Но есть и принципиальные отличия.

Американский биолог К.Саган приводит (Драконы Эдема, М.: Знание, 1986, с.28) такой пример:

"Каждый из "Викингов" - космических аппаратов, опустившихся на Марс в 1976 году, имел в своих компьютерах заранее запрограммированные инструкции объемом в несколько миллионов битов. Таким образом,

"Викинг" обладал несколько большей "генетической информацией", чем бактерия, хотя и значительно меньшей, чем водоросли."

Это действительно так: по сложности, точности и эффективности работы с бактерией можно сравнить, например, космического робота "*Викинг*", а с "*нормальной*" клеткой живого организма сравнивать надо, пожалуй, завод по сборке этих "*Викингов*". Таким образом, наиболее близкими прототипами современной техники могут быть лишь очень древние организмы, да некоторые самые простые "*подсистемы*" ныне

существующих животных. О прямой аналогии биологических и технических законов говорить нельзя, есть лишь некоторые общие черты, характерные для развития любых систем.

К таким наиболее общим закономерностям развития относится *закон перехода в надсистему*. Рассмотрим основные особенности его проявления в развитии техники (рис. 22).

Рис. 22. Один из механизмов перехода в надсистему - переход "моно-би-поли".

Исходная единичная система (**моно-система**) удваивается с образование **би-системы** (би-С) или, при объединении нескольких систем, **поли-системы** (поли-С).

Объединяться могут не только одинаковые (*однородные*) системы, но и системы *со сдвинутыми* (чуть отличающимися) характеристиками, а также *разнородные* (с разными функциями) и *инверсные* (с противоположными функциями) системы. Во всех случаях объединение и слияние систем идет по одним и тем же этапам.

Переход моно-би-поле может осуществляться в любом периоде развития и справедлив для любого уровня иерархии ТС (над-, под-системы, вещество).

При образовании би- и поли-систем происходят качественные изменения по трем параметрам: *свойства* , *связи* , *внутренняя среда* . В этом и состоит главный смысл применения перехода моно-би-поли - количественные изменения (объединение систем) оправданы только в случае появления новых качеств.

4.10.2. Образование и развитие би-систем.

Последовательность образования и развития би-С может быть следующая:

Рис.

При образовании би-системы возникает новое свойство (сверхсвойство, неожиданная прибавка), появляющаяся только в данной объединенной системе, - важнейший признак правильно совершенного перехода моно-би-поли.

Например, нож (моно-С) имеет одни свойства, а у ножниц (нож + нож = би-С) появляется новое свойство, которого нет у двух отдельно взятых ножей.

Если металлическую пластинку с одним коэффициентом линейного расширения соединить *параллельно* с пластинкой, имеющей другой коэффициент линейного расширения, получится биметаллическая пластинка (би-С со сдвинутыми характеристиками) с новым свойством - изгибаться при нагревании. Если *последовательно* соединить пластинки с противоположными коэффициентами расширения

(отрицательным и положительным),
получится инверсная би-С,
обладающая новым свойством -
нулевым коэффициентом
расширения.

С появлением скоростных бронированных
самолетов (результат блестяще
разрешенного С.В. Илюшиным
противоречия - броня как несущая
нагрузку конструкция) развилась также и
противоположная система - стали
применяться бронебойные пули калибра
7,62 и 12,7 мм. Возникло новое сильное
противоречие: для защиты от этих пуль
нужна была броня толщиной 15 и 35 мм и
весом 120 и 280 кг каждого квадратного
метра соответственно. Самолет с таким
"панцирем" не мог обладать нужной
скоростью. Это противоречие разрешили

переходом к би-системе: броню сделали из двух тонких листов с воздушным промежутком; пуля, ударив в первый лист, начинала кувыркаться, а то и ломалась о несимметричные контуры сделанной ею же пробойны, за первым листом шел второй, который пуля пробить уже не могла ("Техника и наука", 1986, № 1, с. 47).

В 1921 г. Л.С. Термен, создавая свой электромузыкальный инструмент (термен-вокс), столкнулся с ТП: инструмент должен генерировать звуки в слышимом диапазоне частот, но тогда он будет гудеть и во время пауз, и до начала игры; не щелкать же то и дело выключателем. Он нашел остроумный выход - создал би-С со сдвинутыми характеристиками: в установке было два генератора высокой частоты (например,

100 и 102 кГц - не воспринимаемые человеком частоты) и детектор, выделяющий разницу между этими частотами (2 кГц в слышимом диапазоне), причем, выделялась эта разница только в момент игры.

Для увеличения скорости перемещения захвата робота нужна эффективная система торможения, чтобы захват не ударился в конце цикла движения о стойку. Существует простая система торможения: захват при торможении давит на поршень, который вытесняет масло из камеры через узкую щель. Кинетическая энергия при этом гасится, но через некоторое время масло разогревается, вязкость его падает и оно продавливается через щель без особого сопротивления. По пат. США 3791494 предложено выполнить щель в виде

самоуправляемой би-системы со сдвинутыми характеристиками: щель образована двумя элементами с разными коэффициентами термического расширения, которые при нагреве масла сами уменьшают площадь щели и общее сопротивление остается постоянным.

Еще один пример появления нового свойства при параллельном соединении однородных систем со сдвинутыми (чуть отличающимися) характеристиками двух электродвигателей для привода сверлильного станка.

Обычные автоматические сверлильные станки нуждаются в регулировке подачи при изменении диаметра сверла, скорости его вращения или материала. Фирма

"Десуттер" (Великобритания) разработала сверлильный станок, который сам выбирает требуемую подачу в зависимости от этих параметров и не требует переналадки при смене типа обрабатываемых деталей (рис. 23).

Рис. 23. Схема автоматического сверлильного станка.

1,2,3 - микропереключатели; А,Б - шкивы;
Х,У - электродвигатели.

Станок состоит из ходового винта, двух шкивов, каждый из которых связан ременной передачей с отдельным электродвигателем и набора управляющих микропереключателей. Шкив "А" закреплен на винте жестко и, вращаясь, приводит его во вращение. Шкив "Б" смонтирован на резьбе ходового винта и представляет собой

гайку, перемещающую винт возвратно-поступательно. Электромоторы "Х" и "У", связанные ремнями соответственно со шкивами "А" и "Б", вращаются в одном направлении, но скорость вращения мотора "У" на 20 процентов меньше. Величиной перемещения ходового винта управляют микропереключатели 1, 2, и 3.

В начале работы включается мотор "Х", обеспечивающий подвод сверла к детали за счет вращения ходового винта в неподвижном шкиве-гайке "Б". Когда срабатывает микропереключатель 2, включается электромотор "У". Благодаря разнице скоростей вращения шкивов "А" и "Б" скорость подачи сверла снижается до одной пятой первоначальной скорости подвода.

Когда сверло касается детали, скорость вращения электромотора "Х" уменьшается, а скорость электромотора "У" остается прежней. Уменьшенная разница скоростей снижает величину подачи сверла до такой, при которой мотор "Х" обладает еще достаточным усилием, чтобы поддерживать эту скорость. Соответствие крутящего момента и скорости подачи обеспечивает оптимальные условия сверления.

Если в процессе работы сверло забивается стружкой и скорость его вращения уменьшается более чем на 20 процентов, шкив "Б" начинает вращаться быстрее ходового винта, который при этом автоматически отводится, очищая сверло. Общее управление станком производит микропроцессор.

Сверлильные головки с саморегулирующей подачей оказались особенно выгодными при сверлении отверстий в деталях, имеющих внутренние пустоты или состоящих из слоев различных материалов. При обработке таких деталей было достигнуто пятикратное уменьшение времени сверления. ("Изобретатель и рационализатор" 1984, №3, с. 28).

Образование разнородных би-систем более эффективно, чем однородных. В однородных би-системах осуществляется всегда одна функция, в разнородных - две. Примеры: соска-термометр, "стереофены" (сушилка для волос в

парикмахерских со встроенными стереонаушниками).

Однако, не всякое соединение разнородных систем в одну систему дает новое свойство.

Примеры:

А.с. 71918: цилиндрический пенал с приспособлением для умножения в виде таблицы Пифагора.

А.с. 74300: стакан для карандашей с календарем.

А.с. 577142: карандаш комбинированный с циркулем; то же: пат. ФРГ 1111983.
Настольная лампа с часами, и т.д.

В этих изобретениях нет ничего изобретательского, лишь небольшой материальный выигрыш (экономия материалов) на уровне рационализаторского предложения.

Вот еще пример простого механического комбинирования - соединение инверсных элементов в би-систему без появления нового качества: а.с. 1227511 комбинированный механический карандаш с укрепленным сверху на шарнире стаканом со стирающим приспособлением (на шарнире для удобства пользования).

Еще в конце XIX века в США был аннулирован патент, выданный на карандаш с ластиком на конце. Суд признал запатентованное изобретение простой агрегацией известных ранее

элементов (карандаша и ластика), поскольку отсутствовало их взаимодействие и в своем сочетании они давали суммарный, а не качественно новый эффект. ("Изобретатель и рационализатор", 1979, № 8, с. 39).

Как появляется новое свойство в би-С? *Объединять системы надо таким образом, чтобы "стыковка" свойств элементов происходила в двух направлениях: часть свойств складывалась, взаимоусиливалась (это будущее новое системное свойство), другая часть свойств гасилась, вычиталась, взаимонейтрализовалась. В итоге, системное свойство выступает на первый план, становится*

преобладающим, играющим главную роль в "жизни" новой системы. Системное свойство может появиться из сочетания (содействия) ранее незаметных или нейтральных свойств элементов, тогда его появление становится еще более неожиданным.

Поясним это на простейшем примере.

Представьте, что вам понадобилось перегородить мелкий ручеек с помощью валяющихся рядом кирпичей. Лежащие перед вами кирпичи - это "куча", пока еще не система. Вот вы поставили один кирпич на длинную грань поперек ручейка, ручеек начал обтекать кирпич с

двух сторон - эти короткие грани кирпича
и есть те самые вредные ("плохие",
ненужные вам сейчас) свойства. Чтобы
"уничтожить" эти свойства, вы
приставляете с двух сторон еще по
кирпичу и "вредные" грани исчезли!
Только что у трех кирпичей было шесть
коротких граней и вдруг стало только две,
а четыре остальных взаимно
нейтрализовались, при этом полезное
свойство (перегораживать поток)
усилилось, т.к. нужные для нас свойства
сложились вместе.

Такое "сложение-вычитание"
полезных и вредных свойств
характерно не только для
однородных би- и поли-систем . В
наибольшей степени этот системный

эффект проявляется при образовании инверсных систем.

Возьмем, например, всем известный железобетон. Это типичная би-С на уровне вещества: стальная арматура хорошо работает на растяжение, бетон - на сжатие, т.е. положительные свойства дополняют друг друга, отрицательные же свойства взаимно компенсируются - бетон защищает сталь от коррозии, а сталь не дает рассыпаться бетону.

На некоторых производствах встречается такая ситуация: по одним трубам подают щелочную жидкость и из нее откладывается на стенках осадок (труба "зарастает"), по другим трубам подают кислую жидкость, которая постепенно разъедает стенки труб. Объединение труб в би-систему так и напрашивается. По а.с.

235752 предложено подавать по каждой трубе поочередно то кислоту, то щелочь, кислота разъедает осадок, а щелочная жидкость создает защитный слой.

В а.с. 950241: теплицу предложено сделать из двух отсеков, один со светопрозрачным потолком, предназначенный для растений, выделяющих кислород, а другой - затемненный - для растений, выделяющих углекислый газ, новое свойство - из отсека в отсек газы перетекают сами, без вентиляторов, кроме того, при определенном соотношении растений в отсеках теплицу можно сделать абсолютно герметичной (например, для космических станций). Теплицу можно объединить и с жилым домом: углекислый газ и тепло будут поступать в

теплицу, а обогащенный кислородом воздух - в помещения.

А.с. 728941: предложен валик для нанесения лакокрасочных покрытий, ворсинки которого сделаны из двух разнородных материалов, сообщаящих частицам краски противоположные заряды статического электричества, частицы лучше слипаются в ровный слой, образуется более качественное покрытие.

Еще два примера на образование инверсных би-систем.

А.с. 1260570: крепежное устройство с индикацией затяжки по а.с.

496384, отличающийся тем, что с целью упрощения измерения усилий затяжки и контроля за их изменением во времени, оно снабжено дополнительным

индицирующим элементом в виде пластины-датчика из оптически-активного материала, расположенным под поляроидной пленкой и связанным с основным элементом через прокладку из упругопластичного материала, при этом дополнительный элемент выполнен с интерференционной картиной, противоположной по знаку интерференционной картине на основном элементе, соответствующей заданному моменту затяжки.

А.с. 615927: способ наблюдения и защиты при сварке и резке преимущественно для ручных видов обработки, при котором отражатели устанавливают навстречу один другому вертикальными поверхностями, а их фокусные центры смещают,отличающийся тем, что с целью повышения безопасности при работе

сварщика, один из отражателей размещают на шлеме сварщика, а другой на электрододержателе и фокусный центр второго отражателя совмещают с направлением взгляда сварщика на место сварки.

Рис. 24. Чертежное перо по а.с. 1266755.

В частично свернутых би-системах часть подсистем заменяется одной. Например, в катамаране - один парус на две лодки; в двустволке - один приклад на два ствола; двойное чертежное перо с одним хвостовиком (рис. 24) и т.д. В полностью свернутых би-системах одна из

подсистем (или вещество) выполняет функцию всей системы.

Возьмем, например, простую оптическую систему линзу (моно-С) и "проведем" ее по всей схеме развития би-систем.

Шаг 2.1.1 - очки (новое свойство - объемное зрение, чего нет у монокла),

2.1.2 - би-фокальные очки (очки для "близко-далеко"), линзы состоят из двух половинок с разным фокусным расстоянием), здесь две моно-С соединены параллельно. При последовательном соединении линз со сдвинутыми характеристиками образуется совершенно новая ТС: например, окуляр

плюс объектив дают простейший телескоп или микроскоп.

2.2.1 - линзы плюс призмы (бинокль); или линзы плюс зеркало (зеркальный телескоп).

2.2.2 - линза плюс диафрагма (объектив фотоаппарата). Переход 2.1.1 - 2.3 - линза с изменяемой геометрией (жидкое оптически активное вещество в гибкой оболочке), переход

2.2.2 - 2.3 - очки "хамелеон",

2.4 - объектив фотоаппарата: линза с изменяемой геометрией и с нанесенным на поверхность черным электрохромным (или жидкокристаллическим) слоем, который становится прозрачным при подаче на него электрического

потенциала; полноценный искусственный хрусталик.

Примером сильно свернутой оптической системы может служить изобретение по а.с. 1211599. Для точного определения угла поворота какого-либо объекта предложено укреплять на нем прозрачную пластинку с голографической записью всех возможных углов (в градусах и минутах). Через пластинку-голограмму пропускают луч света (от лазера), который преломляясь, в пластинке, высвечивает на экране угол поворота прямо в цифровой информации без измерителей угла, без считывающих и преобразующих устройств, без электронных индикаторов и пр.

Еще один хороший пример свертывания разнородных систем - лампы (излучатель

света) и зеркала (отражатель света). В США разработана новая экономичная лампа. На внутреннюю поверхность колбы нанесен тончайший слой серебра, заключенный между двумя слоями двуокиси титана, которые не задерживают видимый свет, но отражают инфракрасные лучи. Это прозрачное зеркало имеет такую кривизну, что ИК-лучи фокусируются на нити накала и разогревают ее - в результате требуется в два раза меньше энергии при том же световом потоке ("Наука и жизнь", 1978, № 2).

Би-системы возникают не обязательно из двух систем, иногда выгодно (проще) превратить в би-С одну моно-систему разделив ее на две одинаковые и соединив их

определенным образом. Выигрыш тот же - новые свойства и качества, исключение вредных свойств, решение изобретательской задачи.

Например, идея нового дуршлага ("Изобретатель и рационализатор", 1989, № 1, с. 27), отверстия которого образованы перпендикулярно составленными щелями двух пластин (рис. 25). Теперь не потребуются возится с прочисткой каждой дырочки - одна из пластин легко вынимается.

Рис. 25. "Би-системный" дуршлаг.

Разделение моно-С часто происходит под действием внешних факторов и это та же динамизация (вводится шарнир).

Так, идея трактора с новым принципом поворота была найдена Ф.А. Блиновым, когда он работал механиком на колесном пароходе "Геркулес". Паровой "Геркулес" вез товары из Астрахани в Нижний Новгород на ярмарку. В пути лопнул главный вал, на который работали два цилиндра паровой машины. Положение создалось критическое: хозяину груза грозило разорение. Блинов нашел остроумное решение. Он предложил место излома зачистить и поставить подшипник. В результате каждый из двух цилиндров машины стал самостоятельно работать на свое гребное колесо. Ход от этого не убавился а маневренность значительно улучшилась. Такой принцип поворота и был положен в основу трактора на гусеничном ходу ("Привилегия 2245 крестьянину Федору

Блинову на особого устройства вагон с бесконечными рельсами для перевозки грузов по шоссейным и проселочным дорогам" - "Техника - молодежи", 1989, № 2, с. 63).

Новые свойства в би-системах возникают и при "движении" системы по цепочке шагов 2.1.1 - 2.1.2 - 2.2.1 - 2.2.2., т.е. в сторону увеличения различия между элементами.

Например, переход от цилиндрической (однородной) пружины к пружине из элементов со сдвинутыми характеристиками по а.с. 1190110: пружина сжатия-растяжения содержащая витки, отличающийся тем, что с целью увеличения прогиба винта витки имеют

диаметры двух разных размеров, чередующихся между собой, для выравнивания несущей способности витки меньшего диаметра с внутренней стороны срезаны продольной плоскостью и площадь среза уменьшается до диаметра витка пружины. Кроме увеличения ГПФ получено новое свойство: при полном сжатии пружина занимает вдвое меньше места, чем цилиндрическая с тем же числом витков. А чтобы меньшие витки не были жестче больших, на первых изнутри снята лыска (рис. 26).

Рис. 26. Пружина по а.с. 1190110.

Эстонский изобретатель оптических приборов Бернхард Шмидт начал в 1930 году работу над усовершенствованием телескопа-рефлектора с параболическим

зеркалом. Постепенно он приходит к мысли, что для борьбы с параболической абберрацией - комой ("волосы") - надо отказаться от параболического зеркала и перейти к сферическому (его и изготавливать проще). Но в сферических зеркалах не менее худший недостаток - сферическая абберрация, из-за которой в свое время и перешли к параболическим зеркалам. Это противоречие ему удалось разрешить переходом от моно-С к би-С из инверсных элементов: он вносит в оптическую систему рефлектора абберрацию равную по величине, но противоположную по знаку сферической абберрации главного зеркала.

Осуществляется это просто: в диафрагму вставляется коррекционная пластинка, получившая в последствие его имя.

Следующие усовершенствования этой системы сделал в 1941 г. Максutow.

4.10.3. Образование и развитие поли-систем.

Развитие поли-систем идет по аналогичной схеме. Единственное отличие состоит в том, что **при образовании поли-С возникает внутренняя среда** (или создаются условия для ее возникновения) с особыми свойствами, эти свойства можно использовать для получения дополнительных качеств.

Например, перевозка стекла на стройплощадку в пакетах (простейшая поли-С) сопряжена с массой недостатков: стекла слипаются друг с другом, высокий

процент боя, низкая производительность остекления здания и т.д. Предложено смазывать листы стекла маслом (использовали внутреннюю среду) - в итоге резко снизился бой, стекло легко отделяется, дополнительное удобство - масло смывают после окраски оконных рам.

Примеры образования простых поли-систем (шаг 3.1.1):

а.с. 996216 способ распиливания каменного материала (например, щебня), при котором его формируют в единый блок на связующем веществе и распиливают на отдельные плиты, а затем связующее вещество расплавляют и удаляют,

а.с. 1006151: способ обработки поршневых колец в одном пакете за один проход

инструмента,

а.с. 1313659: способ обработки оптических деталей (стекло, керамика, кристаллы) путем склеивания тонких деталей в блок,

а.с. 1005718: способ уборки зерновых культур, при котором скашивание и обмолот ведут в фазе полной спелости, а для уменьшения потерь и осыпания зерна на корню, растения до скашивания опрыскивают жидким клеем.

Переход к поли-С со сдвинутыми характеристиками :

а.с. 843808: предложено высевать каждую траву или кормовую культуру отдельными полосами вдоль поля, а скашивать поперек, тогда в бункере комбайна при проходе поперек поля окажется смесь

трав и отпадает необходимость в части кормосмесительных машин на скотных фермах.

В а.с. 1058538 этот способ еще больше улучшен: предложено травы высевать полосами по 0.7-2.2 м, а скашивать поле по диагонали - комбайн захватывает по меньшей мере три разных травы и в бункере образуется более равномерная смесь.

Примеры на частично свернутые поли-системы :

удаление пыли с помощью пылесоса достаточно эффективный способ уборки квартиры, но как бороться с пылью в цехах с особо высокими требованиями к чистоте (например, по сборке микросхем)?, здесь содержание пыли

должно быть сведено почти к нулю, поэтому нужна непрерывная уборка, но держать постоянно включенными десятки пылесосов крайне нерационально; пылесос сделан один - на весь цех с разводкой труб по всей площади цеха;

та же идея осуществлена во Франции для жилых домов, в квартиры проложены трубы и вмонтированы в стены приемные розетки, к которым можно подключать шланг с насадкой; это пример решения старой (так и неразрешенной в пылесосах) задачи на уровне надсистемы - отпадает неприятная процедура очистки фильтра после уборки ("Юный техник", 1989, №7, с.35).

мы давно уже подводим часы по сигналам точного времени, передаваемым по радио, затем в одном корпусе разместили

и часы и радиоприемник, но "подкрутка" часов осталась за человеком; созданы ручные часы, в которых одна микросхема выполняет функции часов и приемника; система свернется полностью, если миллионы часов будут сами корректировать время по сигналам радиостанций от одних и тех же эталонных атомных часов;

а также котельная (одна "печка" вместо нескольких тысяч), телефонные станции, телевизионные центры и т.д.

Для отвода тепла из электронной аппаратуры в корпусе прибора делали отверстия с заслонками (типичная поли-С). Если прибор перегревался, заслонки открывали, а чтобы в выключенном приборе не скапливалась пыль заслонки закрывали. По а.с. 1066053 предложена

полностью свернутая поли-С: одна большая волнистая "дырка" на корпусе, выполненном из материала с эффектом памяти формы, волнистые зубцы сами отгибаются при нагревании и закрываются при охлаждении.

Продолжим линию развития оптики.

В последнее время широко развивается область оптики, использующая так называемые плоские элементы.

Например, в Институте автоматики и электрометрии СО РАН разработаны плоские линзы - киноформы. Один такой оптический элемент заменяет громоздкий объектив из многих стекол ("Социалистическая индустрия", 31.10.85). На поверхность плоской стеклянной пластины наносятся

рельефные линии высотой в несколько длин световой волны.

Рис. 27. Фокусирующие элементы.

а - обычная линза; б - плоский элемент.

Свойства двух элементов (рис. 27 а, б) будут одинаковы, если изменение толщины второго элемента от ступеньки к ступеньке составит целое число длин волн фокусированного излучения. Кроме сильного свертывания оптических систем, плоские элементы позволяют получить новые качества. Так, в Институте общей физики РАН под руководством А.М. Прохорова разработаны новые плоские элементы, позволяющие преобразовывать падающее на них излучение с произвольным волновым фронтом в излучение с заданным волновым фронтом

или концентрировать энергию излучения на какую-либо заданную кривую с заданным распределением интенсивности ("Квантовая электроника", 1984, т.11, №1, с.155). Т.е. на плоский элемент свет может падать под любым углом, а фокусироваться он будет в заданной точке или линии, причем линия может быть любой конфигурации (круг, эллипс, синусоида...) и интенсивность концентрации энергии по длине этой линии может быть также задана.

Как пользоваться переходом к поли-системе? Необходимо выбранный технический объект "умножить на самого себя". Что при этом изменилось? Появилась ли внутренняя среда? Как можно использовать ее свойства? Опишите

новые качества поли-систем от однородной до инверсной. Какой должна быть частично свернутая поли-С? Можно ли полностью свернуть эту систему?

Возьмем, например, телевизор.

Коллективная антенна это лишь первый шаг к свертыванию. Разумнее было бы иметь один телевизионный блок на дом, квартал, а то и на город (один блок питания, один радиоканал, один блок обработки изображения и т.д.), а в квартирах оставить лишь кинескоп и орган управления (переключатель каналов, регуляторы). Можно пойти и дальше: передавать изображение из телецентра по световолоконному кабелю, а дома повесить на стену только экран с органом

управления (абонентская радиосеть давно существует, почему бы не быть такой же и телесети?). Идет объединение телевизора с другими системами: телевизор плюс видеомагнитофон, плюс видеокамера (домашний телецентр), телевизор как экран дисплея персонального компьютера, плюс радиоприемник, плюс часы, плюс газеты (телегазета), плюс библиотека (подключение телевизора к информационной телесети), плюс телефон (видеотелефон), плюс справочное бюро и т.д. и т.п. Можно с уверенностью сказать, что телевидение "поглотит" в себя все информационные системы. С другой стороны, вместе с централизацией, должна увеличиваться и обратная связь, т.е. должна расти степень влияния абонента на телецентр. Например, сейчас мы "управляем" телецентром

только с помощью писем ("концерты по заявкам"). В некоторых странах к телевизору подключают терминал (пульт с клавиатурой), все терминалы соединены с центральным компьютером, перед началом показа концерта на экране появляется список исполнителей и телезритель набирает те номера артистов, которых он желал бы увидеть, компьютер составляет программу концерта из номеров, набравших наибольшее количество голосов. Следующий шаг - составление собственной программы, например, с помощью видеомагнитофона; но тогда надо держать дома видеотеку, переставлять кассеты (диски), искать нужные места и т.д. Проще - централизация видеотеки, с персональным вызовом (заказом) нужной видеозаписи по терминалу, параллельно на часть экрана

можно подавать информацию о текущих телепрограммах и новостях.

Если продолжить линию усиления обратной связи в системе "телевидение - зритель", то следующим шагом должно быть... составление собственных сценариев, подбор актеров и т.д.

Сюжет рассказа К.Саймака "Театр теней" построен на том, что экипаж космического корабля, находящегося в длительном полете, занимает свое время просмотром бесконечного фильма. Каждый член экипажа создал своего героя на экране, сценарий развивается спонтанно, по ходу действия. Острота ситуации состоит в том, что никто не знает (но очень хочет разгадать) кто

именно управляет каждым действующим лицом в телеспектакле.

Количество героев равно количеству членов экипажа. И вдруг один из членов экипажа умирает, а на экране остаются все те же действующие лица никто из них не исчез!.. Проблема занятости космонавтов в длительных полетах станет в ближайшем будущем очень острой. Никакие видеотеки, шахматы, книги, иллюзии березовых рощ с поющими птицами и пр. не спасут экипаж от ужасающей бездеятельной тоски многолетнего полета. Идея, выдвинутая фантастом, захватывающе интересна, она не противоречит даже современным научным представлениям.

4.11. Закон увеличения степени идеальности

4.11.1. Формулировка закона и основные понятия

Развитие всех систем идет в направлении увеличения степени идеальности.

Идеальная ТС это система, масса, габариты и энергоемкость которой стремятся к нулю, а ее способность выполнять работу при этом не уменьшается.

В пределе: идеальная система та, которой нет, а функция ее

сохраняется и выполняется.

Поскольку для выполнения функции требуется только материальный объект, то за исчезнувшую (идеализированную) систему эту функцию должны выполнять другие системы (соседние ТС, над- или подсистемы). Т.е. часть систем преобразуется таким образом, чтобы выполнять еще и дополнительные функции - функции исчезнувших систем. Принимаемая к выполнению "чужая" функция может быть аналогична собственной, тогда происходит просто увеличение ГПФ данной системы; если же функции не

совпадают - происходит увеличение количества функций системы.

Исчезновение систем и увеличение ГПФ или количества выполняемых функций - две стороны общего процесса идеализации.

Поэтому различают два вида идеализации систем (рис. 28):

Рис. 28. Виды идеализации систем.

- 1-го вида, когда масса (M), габариты (Γ), энергоемкость ($\mathcal{E}$) стремятся к нулю, а ГПФ или количество выполняемых функций (Φ_n) остается неизменным:

Рис.

- 2-го вида, когда ГПФ или количество функций (Φ_n) увеличивается, а масса, габариты, энергоёмкость остаются неизменными,

Рис.

Здесь Φ_n функция системы (ГПФ) или "сумма" нескольких функций.

Общий вид идеализации систем отражает оба процесса (уменьшение M , G , E и увеличение ГПФ или количества функций):

Рис.

То есть предельный случай идеализации техники заключается в

ее уменьшении (и в конечном счете, исчезновении) при одновременном увеличении количества выполняемых ею функций; в идеале - техники не должно быть, а функции нужные человеку и обществу должны выполняться.

Идеализация реальных ТС может идти путем, отличающимся от приведенных зависимостей. Чаще всего наблюдается смешанный вид идеализации, когда выигрыш в M , G , Δ , полученный в процессе идеализации, тут же расходуется на дополнительное увеличение ГПФ или количества функций. Эти

процессы можно условно изобразить кривыми, показанными на рис. 29.

Рис. 29. Один из смешанных видов идеализации реальных систем.

1 - процесс идеализации общего вида, 2 - процесс увеличения полезно-функциональных подсистем (развертывания ТС - увеличения (М,Г,Э), 3 - равнодействующая линия развития $I(S)$).

Подобные зависимости характерны, например, для авиации, водного транспорта, военной техники и др.

Процесс идеализации внешне аналогичен 2-му виду $I(S_2)$, когда увеличение ГПФ происходит при неизменных значениях М,Г,Э. На

самом деле М,Г,Э подсистем уменьшаются, но сами эти подсистемы удваиваются, утраиваются, появляются новые и т.д. Таким образом, на уровне подсистем идет процесс идеализации 1-го вида, а на уровне всей ТС идеализация 2-го вида.

Если разнести во времени процессы 1,2 (рис. 29), то есть разделить смешанный процесс на два отдельных, то получим некий обобщенный (нормальный) процесс развития ТС, включающий фазу развертывания и фазу свертывания системы (рис. 30).

Рис. 30. Нормальный вид

идеализации реальных систем.

1 - развертывание ТС, 2 - свертывание ТС, 3 - огибающая кривая.

Техническая система, возникнув, начинает "завоевывать" пространство (увеличивает свои М, Г, Э), а достигнув некоторого предела, уменьшается (свертывается).

Процесс развития ТС протекает во времени, поэтому горизонтальная ось (Φ_n - ГПФ) это одновременно и ось времени - каждое изобретение увеличивает главную полезную функцию системы (рис. 31).

Рис. 31. Развитие ТС во времени.

Можно преобразовать эти графики в окончательный вид - волнообразную кривую развития ТС в пространстве и времени (рис. 32). Эта модель развития справедлива для всех уровней иерархии над- и подсистем, вещества.

Рис. 32. Пространственно-временная модель развития ТС.

Таким образом, процесс развития (идеализации) технических систем можно описать выражением:

Рис.

Один из механизмов развертывания (перехода в НС) переход моно-би-поли хорошо вписывается в "волну" развития ТС (рис. 33). На любом этапе развития (развертывания) система может быть свернута в идеальное вещество - в новую моно-систему, которая может стать началом новой волны развития.

Рис. 33. Модель развития технических систем.

Как делаются шаги по линии развития ТС?, что движет систему от одного изобретения к другому?, каков механизм этого процесса?

Анализ истории развития многих ТС показывает, что все они развиваются через ряд последовательных событий:

1. Возникновение потребности.
2. Формулирование главной полезной функции - социального заказа на новую ТС.
3. Синтез новой ТС, начало ее функционирования (минимальная ГПФ).
4. Увеличение ГПФ - попытка "выжать" из системы больше, чем она может дать.

5. При увеличении ГПФ ухудшается какая-то часть (или свойство) ТС - возникает техническое противоречие, то есть появляется возможность сформулировать изобретательскую задачу.

6. Формулирование требуемых изменений ТС (ответ на вопросы: что надо сделать для увеличения ГПФ? и что не позволяет нам это сделать?), то есть переход к изобретательской задаче.

7. Решение изобретательской задачи с применением знаний из области науки и техники (и

даже шире - из культуры вообще).

8. Изменение в ТС в соответствии с изобретением.

9. Увеличение ГПФ (см. шаг 4).

И т.д.

Рассмотрим подробнее отдельные этапы развития ТС.

4.11.2. Возникновение потребности и связанный с этим процесс увеличения ГПФ.

Все, что делается в мире техники, делается ради удовлетворения потребностей человека и общества.

Если в ТС нет нужды, то она никогда не возникнет, а если потребность появляется, то с течением времени она становится все более острой и ничто не остановит человека в ее воплощении. Необходимость - мать изобретений.

В настоящее время удельный вес затрат мускульной силы в промышленности ничтожно мал - около 0,1% общего баланса механической энергии, расходуемой в производстве. То есть без машин можно получить всего лишь 1/1000 часть общего объема сегодняшней продукции.

Потребность в экономии силы - одна из главных витальных человеческих потребностей (после потребностей в пище, воде, сне, продолжении рода, защиты от внешних опасностей). Именно эта потребность побуждает изобретательность и совершенствование в технике (Симонов П.В. Эмоциональный мозг. М.: Наука, 1981). Потребность выступает как необходимость - в этом начало противоречия организма (индивида) или общества с окружающей средой, нарушение необходимого равновесия с нею. Возникшее противоречие становится побудительной силой активной

деятельности, направленной на удовлетворение потребности - дальнейшее развитие техники. Прогресс общества был бы невозможен без стимулирующей роли потребностей. Закон возвышения потребностей действовал до сих пор (и нет признаков каких-либо изменений в будущем) в человеческой истории объективно, независимо от сознания и воли людей. Необходимость удовлетворения постоянно растущих потребностей общества вступает в противоречие с существующими средствами их удовлетворения. Это противоречие разрешается силой

творческих способностей
человеческого разума.

Технический прогресс - это прежде всего передача трудовых функций человека технике. Поэтому на протяжении всей истории заметен процесс превращения (развертывания) инструментов в технические системы. Рано или поздно предпринимаются попытки усовершенствования инструментов таким образом, чтобы увеличить ГПФ или количество функций или выполнять часть функций без участия человека.

Например, для устранения перегрева режущей кромки токарного резца в него встроили цилиндрический ролик из пористого материала, пропитанного охлаждающей жидкостью (а.с. 1201063), по а.с. 1175611 в резец ввели тепловую трубу, а по а.с. 1175612 к тепловой трубе предложено добавить холодный спай полупроводниковых материалов.

В Англии выпускается отвертка с вакуумными присосками (захват и удержание винта), встроенным электромоторчиком (50-1200 об/мин), сменными лезвиями (для винтов диаметром 0,4-7 мм) и электронным управлением.

В а.с. 1214495 описана электронная авторучка. Вмонтированные в нее датчик силы и электронный блок регулируют

порцию чернил, подаваемую в капиллярный канал наконечника.

Рост потребностей чаще всего опережает рост ГПФ в развивающейся технической системе, а невозможность удовлетворения потребностей старыми (имеющимися ТС) средствами заставляет изобретать новые системы или усовершенствовать старые введением новых подсистем.

Первый светофор, например, появился в Лондоне в 1868 году, когда интенсивность движения конных экипажей превысила все безопасные пределы. Появилась острая необходимость в

изобретении новой ТС - регулятора движения. На чрезмерно оживленной площади перед английским парламентом установили столб с газовыми фонарями, которые управлялись вручную и через окрашенные стекла давали два сигнала - красный и зеленый. Однако введение новой ТС вызвало и нежелательный эффект - фонари искрили и шипели, пугая лошадей. Лишь в начале 20 века в США для регулирования автомобильного движения появился светофор с электрическими лампочками. Он был горизонтального типа, с тремя светофильтрами красным, желтым и зеленым. Конструкция оказалась удачной и вскоре был принят международный стандарт - на вертикальный светофор.

Первая в мире авиационная катастрофа произошла в 1908 году из-за поломки

винта. Это было время, когда отказ любого элемента на самолете приводил к летному происшествию (опасной или катастрофической ситуации). Для повышения безопасности полетов требовались новые идеи по усилению устойчивости и управляемости аэроплана при полете в неспокойной атмосфере. В 1914 году на одном из конкурсов по безопасности полетов был продемонстрирован новый самолет, оборудованный стабилизатором скорости полета. Этот аэроплан блестяще прошел испытания, совершив перелет Версаль-Шартр и обратно (при ветре 15 м/сек) со скоростью 75 км/час. Таким образом потребность в увеличении ГПФ была удовлетворена созданием новой подсистемы - стабилизатора.

Чем больше рывок в ГПФ, тем труднее он дается. Часто первые ТС с высоким значением ГПФ неуклюжи, их функционирование находится на грани возможного срыва - но на это шли, например, во время войны. От выигрыша изобретательской гонки во всех областях военной техники зависела победа.

В 1943 году над Москвой на огромной, по тем временам, высоте в 13 тыс. метров часто появлялся немецкий высотный разведчик ("Юнкерс-388"). Долгое время это сходило ему безнаказанно, так как зенитный огонь его не доставал, а самолетов, способных подняться на такую высоту, у нас еще не было. Срочно был создан специальный перехватчик с

дополнительным воздушным нагнетателем ЯК -9ПД, максимально облегченный с целью достижения высоты 14 тыс. метров (броневую спинку сиденья пилота заменили фанерной, из вооружения оставили только пулемет). И вот самолеты встретились на высоте 13 км. Нужен бой! Но оба самолета не смогли вступить в него - они работали на пределе своих возможностей. У "Юнкерса", как оказалось, вообще не было вооружения. А наш ЯК не смог занять позицию для атаки. Оба самолета едва смогли сделать поворот даже при большом радиусе виража - покружившись, они разошлись, чтобы никогда больше не встретиться (Г.А.Меерович. Эффект больших систем. М.: Знание, 1985, с. 61). Встретились последующие модификации ТС с увеличенной ГПФ и новыми полезными

подсистемами - там возникли новые претензии к ТС, новые потребности, приведшие к новому рывку увеличения ГПФ.

Первый холодильник изобрел продавец масла Т.Мур (пат. США, 1803), он развозил свой товар по всему Вашингтону и потребность в этом изобретении была для него очень острой. Это был большой ящик с двойными стенками, между которыми набивался лед. Полезная функция была достигнута. Но лед заготавливался с зимы, его необходимо было хранить, перетаскивать, колоть и т.д. В 1868 году был изобретен холодильный компрессор для получения искусственного льда для продовольственных складов, шоколадных фабрик и других потребителей. В конце 19 века появились первые домашние

льдоделательные машины. Одна из них под названием "Эскимо" продавалась в России. Эти машины потребляли много топлива дров, угля, керосина. В 1911 году фирма "Дженерал электрик" наладила выпуск холодильников современного типа: холодильная машина помещалась в кухонном шкафу.

Изобрел этот холодильник преподаватель монастырского колледжа во Франции Т.Одиффрен. Компрессор с приводными ремнями производил много шума, происходила утечка газа (аммиак и сернистый ангидрид) и в кухне стоял неприятный запах. В 1926 году датский инженер А.Стиндруп сделал следующий шаг: компрессор с ремнями он спрятал под герметичным колпаком с изоляцией. Холодильник стал бесшумным, исчез запах. Первый домашний холодильник без

компрессора - абсорбционный - был изобретен в Швеции Б.Платеном и К.Мунтерсом в 1922 году. С тех пор идет отчаянная конкурентная борьба двух типов холодильников. В 1951 году в Институте полупроводников РАН был создан первый в мире термоэлектрический холодильник. Однако компрессионные холодильники быстро совершенствуются: появились многофункциональные автоматические системы, которые сами готовят лед из воды, охлаждают напитки до определенной температуры, оттаивают масло до определенной мягкости, имеют встроенный блок прогнозирующий появление неисправностей и т.п.

Часы, как ТС с четкой и однозначной полезной функцией - отсчетом времени, прошли длительную эволюцию. В основе

принципов действия этой системы всегда были те или иные периодические процессы: вращение Земли (солнечные часы), колебание маятника (механические и электромагнитные часы), камертоны (камертонные часы), пластинки кварца (кварцевые часы). Современные электронные наручные часы имеют очень высокое значение ГПФ - погрешность отсчета времени не превышает 10 с. в год. Эта степень полезности превысила потребность, поэтому развитие пошло по пути увеличения количества выполняемых функций - сегодня их более 15, включая такие как: датчик давления, пульса, температуры, сопротивления кожи, звуковая и световая сигнализация, дневник, записная книжка, магнитофон, приемник, телевизор, игры, компьютер, способность подать кодированный сигнал "Скорой помощи". Есть часы и без

источников питания,
самоподзаряжающиеся, "добывающие"
энергию из окружающей среды. Часы
будут включены в общую систему
измерения времени.

Изобретение систем с ГПФ,
превышающей уровень сегодняшних
потребностей - не редкость в
истории техники (изобретения,
опередившие время). А в
современном
высокоиндустриализированном
обществе изобретения еще чаще
обгоняют реальные потребности;
тогда возникает необходимость
поиска сферы применения (одна из
задач маркетинга) или
стимулирование потребностей

(чрезмерная реклама, "воспитание" потребителя). Истинные потребности общества следует отличать от надуманных, искусственных и даже глупых. По мнению американского социолога У.Тоффлера около 80% всех произведенных с начала века в США товаров не отвечали истинным потребностям или вообще не были нужны обществу.

ГПФ системы растет постоянно и неуклонно; спад роста, заминки и короткие остановки происходят лишь при приближении ТС к моменту исчерпания ресурсов физического принципа заложенного в основу

данной системы. Смена принципа функционирования дает новый ресурс развития.

***Рис. 34. Рост производительности
ЭВМ различных классов.***

1 - ЭВМ максимальной производительности,
1а - однопроцессорные скалярные, 1б -
многопроцессорные скалярные, 2 -
персональные ЭВМ, 2а - однопроцессорные
скалярные, 3 - супер-ЭВМ, 4 - многопро-
цессорные специальные ЭВМ, 5 -
криогенные однопроцессорные скалярные
ЭВМ.

А.А.Микулин, известный
конструктор авиационных
двигателей, рассказывает:

"Да, дадим таблицу рекордов, начиная с 1904 года. И каждый увидит: неуклонный рост понимаете! неуклонный рост примерно до 1943 года. А потом каждый новый десяток километров в час начал даваться с трудом, и 700-950 км/час - замерла кривая, тупик! Я объясню - продолжал Микулин, подсакивая и сам себе улыбаясь,- объясню, почему это произошло. Самолет уперся в "звуковой барьер". Дальнейшее повышение скорости требовало повышения тяги, мощности в геометрической прогрессии. А повышение тяги - это увеличение габаритов мотора и всего самолета... Тут-то и вспомнили реактивные двигатели." (А.Аграновский. Из записных книжек. "Дружба народов",

1987, № 4, с. 188-189).

Рост производительности ЭВМ шел до сих пор почти по линейному закону (рис. 34). Однако, при производительности более 10^{12} опер/с рост ГПФ замедлится и ожидается переход к новому принципу работы - молекулярным формам носителя.

Рост максимальной чувствительности серийно выпускаемой цветной пленки за 10 лет ("Наука и жизнь", 1987, № 6, с.113):

Рис.

Причем большинство типов пленок можно проявлять специальными способами, "форсируя" чувствительность еще в два раза. Возможно, что дальнейший рост натолкнется на неразрешимые, в рамках данного способа, противоречия.

Решение изобретательской задачи (разрешение технического противоречия) продвигает ТС вперед, компромисс оставляет систему на месте. С помощью изобретателя система "уходит" от действия вредных факторов (претензий внешней среды), препятствующих

увеличению ГПФ. В системе появляются новые свойства, функции, изменяются (перестраиваются или заменяются) вещества и подсистемы ТС.

4.11.3. Развертывание вещества в технической системе.

Процесс развертывания ТС (первая половина волны развития) чаще всего начинается с вещества. Именно на уровне вещества наиболее сильно проявляется действие факторов, сдерживающих увеличение ГПФ.

Большое количество изобретений и усовершенствований, заключавшихся в создании новых подсистем для выполнения дополнительных полезных функций или увеличения существующей функции появились из-за отсутствия требующихся свойств у веществ (материалов) технической системы, или из-за неумения использовать скрытые (неявные) ресурсы вещества свойства, эффекты.

Можно выделить несколько стадий или переходных моментов, в эволюции вещества технических систем:

- а) попытки улучшения (выделения) нужного свойства вещества,
- б) разделение однородного вещества на функциональные зоны,
- в) специализация зон по функциям, переход к неоднородному веществу,
- г) составное вещество из специализированных веществ с высокими значениями полезной функции,
- д) развертывание составных веществ в подсистемы,
- е) свертывание составного вещества или подсистемы в идеальное вещество.

Для увеличения ГПФ требуется увеличить какое-то свойство вещества. Простейшее решение - увеличить М, Г, Э этого вещества (толщину, затраты энергии, вес, габариты). Эта попытка чаще всего наталкивается на противоречие - ухудшаются другие свойства или части ТС. Надо улучшить свойство вещества и нельзя этого делать. Поэтому начинается "очищение", выделение нужного свойства, "гашение" вредных побочных свойств. Так появляется множество вариантов (модификаций, марок) одного и того же вещества - для разных систем, объектов и условий

работы.

Например, только в нашей стране выпускается около 3 тыс. марок сталей (НТР: проблемы и решения, 1985, № 6, с.3). Такая сверхспециализация вещества (чуть ли не по новой марке стали для каждой новой технической системы) - вынужденная; раз нет возможности создать материал, перекрывающий весь диапазон требуемых свойств, то приходится идти на получение микроскопических выигрышей в ГПФ путем выделения того или иного свойства вещества.

Примером достижения высокого значения ГПФ может служить а.с. 1066047: прокатный валок преимущественно для многовалкового стана, отличающийся тем, что с целью повышения срока службы и

качества проката, он выполнен из монокристалла лейкосапфира, кристаллографическая ось (0,0001) которого ориентирована вдоль оси вращения валка. Предложено использовать драгоценный камень 1 класса, разновидность корунда, с наиболее выгодной ориентацией кристаллической решетки. Значит ли это, что достигнут предел роста ГПФ? Конечно, нет. Впереди - алмазные валки, на которых, впрочем, развитие также не остановится... Если не будет создано вещество тверже алмаза, то потребуется какая-то "хитрость" для увеличения ГПФ (новый способ обработки металла).

Процесс развития обычно приводит к разделению моно-вещества на зоны, слои, части, переходу к

составному веществу. Причина проста: при очередной попытке увеличения ГПФ выясняется, что свойством, от которого зависит это увеличение, должно обладать не все вещество, а лишь его часть (рабочая зона). Усилить свойство в зоне легче, чем во всем веществе.

Примеры разделения моновещества на функциональные зоны.

Изобретение бездымного пороха и введение нарезных орудий в середине 19 века совершили переворот в артиллерийской технике: появилась реальная возможность резко повысить дальнобойность орудий. Но увеличение единичной мощности заряда поставило

конструкторов в тупик. Даже замена чугуна и меди на сталь не дала желаемого результата: стальные трубы выдерживали давление максимум в 2000 атм. Причем, толщина стенок мало влияла на прочность стволов. Только исследования француза Г.Ламе внесли ясность: он показал, что в трубе, подвергающейся изнутри равномерному давлению, слои металла испытывают неодинаковое напряжение; внутренние слои несут основную нагрузку, а наружные практически не работают. Следовательно, изготавливать орудия с очень толстыми стенками нет смысла, если не заставить работать наружные слои. Эту задачу остроумно решил в 1861 году русский инженер А.В.Гадолин, он предложил усиливать ствол обручами - в горячем состоянии на ствол одевались цилиндры, которые

после охлаждения стягивали внутренние слои.

Недавно были проведены исследования древнерусского меча (10 век), найденного в 1900 году. Оказалось, что он изготовлен из неоднородного металла: рубящие кромки имели слой повышенной твердости, а центральная часть клинка была железная с низкой твердостью. Различалась и микроструктура этих зон, то есть это были два материала, соединенные кузнечной сваркой ("Знание - сила", 1986, № 4, с. 7).

Рис. 35. Принцип самозаточки зубов и когтей лежит в основе слоистых резцов А.М.Игнатьева.

Знаменитые самозатачивающиеся резцы А.Н.Игнатьева (рис. 35), изобретенные им

в 1926 году, также состоят из нескольких слоев. Биолог по образованию, он задался вопросом "почему клыки и когти животных все время острые?" Ведь они истираясь, должны затупиться. Однако, они не только остаются острыми, но и не меняют угол заострения клина.

Оказалось, что всему причина - различная твердость внешней и внутренней стороны клина. Менее твердая внутренняя сторона зуба изнашивается быстрее более твердой наружной. Поэтому и образуется острый клин с найденным природой эффективным углом заострения.

Сам факт перехода от моновещества к слоистому оказывается полезен. Если же каждому слою придать определенные свойства, то можно получить значительный выигрыш в ГПФ. Например, в Институте физико-технических проблем

Севера разработаны теплоизоляционные слоистые панели, вдесятеро более тонкие и легкие, чем однородные. Тот же принцип можно использовать для гашения других волновых процессов (акустических, оптических, радиофизических, упругих): каждая граница раздела двух сред с различными свойствами служит источником отраженных и преломленных волн; взаимодействуя с падающей волной, они образуют сложную интерференционную картину и гасят друг друга (НТР: проблемы и решения, 1986, № 22, с. 3).

В Донецком политехническом институте разработаны технологические приемы получения деталей с переменными (по объему) свойствами ("Изобретатель и рационализатор", 1983, № 10, с.26). Авторы утверждают, что можно сделать

детали, физико-механические свойства которых будут внутри и снаружи плавно или рывком меняться в полном соответствии с условиями работы этих участков. Например, цапфа вала должна обладать повышенной износостойкостью а сам вал обязан хорошо работать при знакопеременных нагрузках.

Следовательно, в цапфах должно быть больше хрома или молибдена а в средней части вала - никеля. В идеале каждая деталь должна иметь как бы мозаичное строение, и в любой ее зоне химический состав, свойства должны находиться в соответствии с характером нагрузок.

После разделения вещества на функциональные зоны, начинается процесс их специализации - каждая зона выполняет только одну

функцию. При специализации легче обеспечить рост полезной функции каждой зоны и в целом всего технического объекта.

Итальянская фирма "Пирелли" разработала автопокрышку с асимметричным рисунком протектора, обеспечивающим хорошее сцепление как при езде по снегу и льду, так и при движении по ровной сухой дороге. Такая покрышка сваривается как бы из двух разных половинок. Половина, находящаяся на стороне автомобиля, имеет протектор для езды по снегу и льду и изготовлена из резины, содержащей больше кремния (что обеспечивает лучшее сцепление с поверхностью дороги); наружная половина покрышки имеет протектор для езды на ровной сухой дороге и ее резина

содержит больше газовой сажи, которая создает лучшие условия для движения с большой скоростью. Несмотря на асимметрию протектора и разный состав резины, такие покрышки изнашиваются равномерно, и фирма гарантирует до износа протектора пробег 64000 км ("Новое в жизни, науке, технике", серия "Техника", 1982, № 4, с.28).

Фары автомобиля установлены так, чтобы освещать путь впереди машины. Из соображений безопасности неплохо было бы иметь еще одну фару, которая светила бы несколько вверх и вбок, освещая дорожные знаки, стоящие на обочине. В патенте Великобритании 1486587 предложено совместить обе функции в одной фаре. Для этого на внутренней стороне стекла фары делается выступ в виде призмы. Призма рассчитана так, что

при переключении на ближний свет часть пучка света от фары отклоняется вбок и вверх, освещая дорожные знаки на расстоянии 25 метров от автомобиля.

Еще более серьезная проблема - ослепление светом фар водителей встречных машин. В мире выдано около 400 патентов на способы предотвращения ослепления ("Изобретатель и рационализатор", 1981, № 6, с.18). Но ни одно из этих изобретений не утверждено комиссией безопасности движения ООН для обязательного повсеместного применения. Всевозможные очки снижают видимость. Фотодиоды, сбрасывающие яркость накала лампы при встречном потоке света или гасящие рефлектор заслонками, требуют полной реконструкции фар, сложны и не вполне надежны. При поляроидных стеклах и

фильтрах необходимо четырехкратное увеличение силы света. Кроме того, такие стекла довольно дороги и дефицитны. Так что пока единственный способ борьбы с противоослеплением переключение на ближний свет: водители должны быть взаимно вежливы. Но увы... Проблема решена в а.с. 520487 предложена фара, которая как бы изгибает поток света и он не слепит водителя встречной машины (рис. 36).

*Рис. 36. Схема фары с
"призматическим эшеленом" по а.с.
520487.*

В заявке Франции 2595659 описан способ подчеркивания (выделения) эстетических свойств жидкостей, содержащихся в пластмассовых или стеклянных емкостях в коммерческих целях. В стенках флакона

или бутылки формируются различные оптические элементы линзы и др. (рис. 37).

Рис. 37. Способ использования прозрачной жидкости путем фокусировки света через емкость (заявка Франции 2595659).

В США изобретено "голографическое окно" ("Изобретатель и рационализатор", 1987, № 11, с.48). Стекла придана определенная голографическая структура, с помощью которой освещаются части комнаты, обычно затемненные. Такое остекление может направить солнечный свет вверх на потолок вместо пола, освещать темные углы. Отфильтровывание ИК-лучей удерживает в комнатах прохладу. Солнечный свет можно даже "перекачивать" в помещение без окон

через вентиляционный канал с отражающими стенками и затем рассеивать через отверстие в потолке.

Специализация зон по выполняемым функциям приводит, в конечном итоге, к разделению неоднородного вещества на составные части, к замене отдельных частей на вещества с высоким значением полезной функции.

Например, одна из современных конструкций чайника включает в себя трехслойный корпус: медная основа (высокая теплопроводность), покрытая изнутри тонким слоем тефлона (к нему не пристает накипь), а снаружи электрохимическое блестящее защитное покрытие.

В Японии разработан новый напильник из дешевой незакаленной стали, насечка которого покрыта сверхтвердой керамикой (карбидом ванадия). Слой толщиной 3 мкм защищает напильник от коррозии, позволяет обрабатывать твердые сплавы и повышает в 5-6 раз его долговечность ("Техника молодежи", 1987, № 2, с. 48).

Во Франции созданы свинцовые аккумуляторы, вес которых в 4 раза легче обычных: в них оставлен лишь функциональный слой свинца, нанесенный на стеклянные и углеродные волокна ("Знание - сила", 1983, № 8, с. 40).

В больших городах стеклянные поверхности загрязняются столь сильно, что даже частое мытье не дает возможности держать их в чистом состоянии

продолжительное время. Изобретен состав "Изольвер" (Франция), который после нанесения на чистую и сухую стеклянную поверхность предотвращает задержание на ней дождевой воды, прилипания загрязняющих частиц и образование инея. Состав химически нейтрален, не поддается действию моющих средств. Одного литра состава хватает на 100-120 кв.м. поверхности ("За рубежом", 1987, № 28, с. 20).

Не всегда есть вещества, выполняющие нужную функцию самостоятельно, то есть "работающие" на собственной энергии или на энергии, имеющейся в системе. Тогда к веществу "пристраивается" обслуживающая его подсистема.

И водители и пешеходы знают, что в солнечный день бывает нелегко разглядеть сигнал светофора. Отражаясь от цветных стекол, солнечный свет создает ложный сигнал. Поэтому появились патенты на светофоры с черными шторками: как только фонарь (например, красный) выключается, его стекло закрывается автоматической шторкой, а шторка другого фонаря (например, желтого) открывается. По пат. Великобритании 1454386 стекло фонаря покрыто пленкой жидких кристаллов с электродами по бокам; когда лампа не горит, жидкие кристаллы не пропускают свет и выглядят как матовая черная поверхность; при включении лампы электрическое поле, создаваемое протекающим током, переориентирует

молекулы кристаллов и шторка становится прозрачной.

Одна из фирм Англии выпускает отвертки длиной 280 мм, в которых для удобства работы обеспечивается подсветка. В ручки этих отверток вмонтирована миниатюрная лампочка, свет от которой направляется по четырем световодным волокнам к наконечнику металлического пера отвертки для создания узкого пучка. Питание лампочка получает от двух миниатюрных батареек (Новое в жизни, науке, технике. Серия "Техника", 1982, № 4, с.9).

Рано или поздно, подсистемы или составные вещества должны сворачиваться снова в вещество. Такое вещество, прошедшее один

цикл разворачивания-свертывания и приобретающее новое качество, обеспечивающее высокое значение ГПФ в конкретной технической системе можно назвать идеальным веществом 1-го порядка (ИВ¹).

Установлено, например, что УФ-свет угнетает растения. Особенно чувствительны к ультрафиолету парниковые растения. Зная об этом, специалисты во всем мире покрывают крыши теплиц еще и светофильтрующей пленкой. Ультрафиолет поглощается, преобразуется в тепло. Установлено также, что свет с длиной волны,

лежащей в красно-оранжевой области, благотворно действует на все растения. Они лучше преобразуют его в химическую энергию в процессе жизнедеятельности. Но покрывать парники еще одной пленкой просто невозможно резко упадет светопропускание. Не удались и попытки придания стеклу двух противоположных свойств: не пропускать УФ- и не задерживать ИК-свет.

Задача недавно блестяще решена в ИОНХ им. М.С.Курнакова - там создана пленка, преобразующая УФ-свет в ИК-свет, то есть убирается вредный фактор и добавляется полезный. В качестве

преобразователя применен люминофор на основе европия - микродозы люминофора подмешивают в полимер. "Полисветан" (так называли пленку) дал неожиданно большую прибавку урожая: помидоры и огурцы - на 50 %, салат - на 20 %, арбузы - на 60 % ! (Новое в жизни, науке, технике. Серия "Техника", 1987, № 5, с. 62).

4.11.4. Свертывание систем - общий вид процесса.

После периода развертывания техническая система вступает в новый этап преобразований, который глубоко и всесторонне захватывает структуру, организацию и системные

свойства ТС. Этот процесс полностью соответствует закону увеличения степени идеальности: техническая система уменьшает свои М, Г, Э при одновременном увеличении ГПФ.

Для технической системы, достигшей точки максимального развертывания, в принципе, возможны несколько путей свертывания (рис. 38):

- 1 - вытеснение части подсистем в НС,
- 2 - развитие подсистем в составе ТС,

- 3 - свертывание ТС в одну из
ПС,
- 4 - свертывание ПС-ТС в
идеальное вещество.

*Рис. 38. Возможные пути
идеализации технических систем.*

В развитии реальных ТС чаще всего идут смешанные процессы свертывания: развивается и идеализируется то одна, то другая часть системы, тот или иной уровень иерархии. Если нанести на график точки развития какой-либо системы во времени и соединить их линиями, то рисунок будет напоминать изображение броуновского движения

частиц. Кажущаяся хаотичность такого развития обуславливается внезапностью появления и обострения противоречия в какой-либо части системы, т.е. процесс соответствует закону неравномерности развития частей системы.

Все четыре пути ведут к одному и тому же - к новой системе Б, выполняющей ту же ГПФ, что и исходная система А. Новая система Б имеет очень малые М, Г, Э и высокое значение ГПФ.

4.11.4.1. Первый путь свертывания - вытеснение части подсистем за пределы ТС и их объединение в специализированные системы в составе НС.

Этот путь характеризуется следующими особенностями:

- *в ТС уменьшается количество элементов,*
- *уменьшается М,Г,Э данной ТС,*
- *увеличивается ГПФ данной ТС за счет действия двух факторов:*

1. система "облегчается"
(ей не надо быть
универсальной), упрощается
структура и организация,
улучшается
функционирование;

2. взамен функции
вытесненной ПС поступает
из НС та же функция
(действия) более высокого
качества , т.к. бывшая
подсистема становится в НС
специализированной
системой.

Количество элементов в ТС может уменьшаться до предельного уровня, когда остается рабочий орган. Для выполнения ГПФ системы должны быть объединены в НС.

Например, при развитии ТС "автомобиль - дорога" от автомобиля останется только кресло, все остальные части ТС будут совмещены с дорогой, выделены в специализированные узловые (центральные) системы - подачи энергии, контроле и управления и т.д.

"Обобществленная" система становится системой коллективного пользования (узловой, центральной), к которой постоянно или периодически обращаются все ТС. Функции таких ТС: коммутация, обслуживание, источник питания (преобразователь энергии), слежение и контроль, ремонт и т.п.

Вытесненные в НС и "обобществленные" подсистемы вначале выполняют те же функции, что и в ТС. Однако по мере роста числа взаимодействующих с ней ТС функции начинают меняться, количественные изменения

неизбежно приводят к качественным изменениям. Со временем эти отличия нарастают, функции преобразуются, системы принимают на себя выполнение других функций.

Процессы объединения (интеграции) в период свертывания характерны и для надсистем. В первую очередь объединяются системы с близкими (родственными) ГПФ; например, информационные, энергетические, транспортные, сельскохозяйственные, медицинские и т.д. Такое объединение подготовлено предыдущими преобразованиями систем коллективного пользования - в

процессе развития и присоединения других функций они сближаются и унифицируются. Это создает условия для интеграции двух или более НС в одну, при этом многие части и элементы исчезают.

И, наконец, выигрыш в ГПФ (количестве функций) образуется при вытеснении подсистем в НС и дальнейшей интеграции ПС за счет появления нового (системного) свойства или качества.

Первые телефонные аппараты имели коммутационные переключатели, источники питания, провода для связи с каждым абонентом. Но уже в 1878 г. возникла первая телефонная станция

(Нью-Хойзен, США), которая имела наборное коммутационное поле со штеккерами для соединения между абонентами. Такие локальные сети быстро распространились по городам. Затем появились каналы связи между городами и странами - потребовались промежуточные усилители, автоматические коммутаторы и множество других устройств. Современные телефоны имеют память, автоответчик, множество различных функциональных приставок (прибор для распознавания номера позвонившего абонента, телефакс и т.д.). Процесс развертывания, присоединения новых функций в этой системе продолжается. Одновременно идет процесс свертывания подсистем, вытеснения их в ИС. Надсистема, например, сеть искусственных спутников Земли (ИСЗ)

вобрала в себя множество технических систем наземной телефонной сети; отпала необходимость в большей части телефонных станций, узлов, коммутаторов, усилителей, кабелей и т.д.

Телефонная сеть, как одна из информационных систем (радио, телевидение, компьютерные сети, почта и т.д.), должна будет слиться с другими подобными системами в единую информационную систему.

Еще два примера на развитие информационных систем в ближайшем будущем (Дементьев Г.П. и др. Физико-технические основы создания и применения космических аппаратов. М.: Машиностроение, 1987).

В США разработан проект преобразования почтовой связи. С помощью одного ИСЗ можно охватить все почтовые отделения на 50 % территории США, Аляски и Гавайских островов. Пропускная способность системы может достигать 100 млрд. страниц текста в сутки (т.е. вместо бумажных писем - "электронные"). Почтовые отделения будут оснащаться антеннами диаметром 1 м, устанавливаемыми на крышах зданий. Впоследствии такое оборудование можно будет предоставлять в личное пользование, исключая тем самым из системы связи почтовые отделения.

Разработана также система (содержащая ИСЗ массой 7,26 т, оборудованный 500-лучевой антенной диаметром 60 м.), предназначенная для регистрации

сигналов датчиков (акустических, инфракрасных, контактных, датчиков давления и т.д.), охраняющих какой-либо объект. В такой системе при срабатывании датчика должен возбудиться передатчик, излучающий кодированные сигналы мощностью 1 мВт. Эти сигналы принимаются ИСЗ и подвергаются обработке (с целью снижения вероятности появления ложной тревоги) и ретранслируются в соответствующий центр управления для принятия тех или иных мер. Один ИСЗ каждую секунду может ретранслировать сигналы свыше 3 млн. датчиков, установленных в различных населенных пунктах США (один Всеобщий Сторож). Общее количество датчиков может достигать десятков миллиардов. По оценкам специалистов система может быть введена в эксплуатацию в

ближайшие годы. Примеры использования датчиков: охрана любых объектов личного и общественного пользования, контроль параметров в любой точке энергетических сетей, расхода жидкостей и газа в трубопроводах, влажности почвы в сельхозрайонах, прогнозирование наводнений, оползней и т.д., и т.п.

4.11.4.2. Второй путь свертывания - развитие (главным образом миниатюризация) всех подсистем в составе данной ТС, без вытеснения подсистем в НС.

Особенности этого направления идеализации:

- *уменьшение M , Γ , $\mathcal{E}$* за счет миниатюризации; резкое снижение габаритов (Γ) и соответственно уменьшение M и $\mathcal{E}$;
- *увеличение ГПФ* за счет повышения точности функционирования (уменьшается длина связей - снижается вероятность ошибок, уменьшается требуемая мощность, исчезает часть вредных факторов);

- *количество элементов системы остается неизменным* вплоть до самого последнего момента - слияния подсистем в единую функциональную моно-систему.

Наиболее характерный пример мини- и микроминиатюризации в технике - это развитие радиоэлектроники в XX веке. Широко известна следующая иллюстрация этого процесса: "Если бы "ролс-ройс" 50-х годов усовершенствовался такими же темпами, как вычислительная техника, то этот роскошный автомобиль стоил бы сейчас два доллара, имел мотор емкостью в половину кубического сантиметра и

потреблял бы тысячную часть кубического миллиметра бензина на километр пути".

Развитие элементной базы шло по пути резкого уменьшения М,Г,Э по цепочке: отдельные детали - сборки - микросборки - интегральные микросхемы (ИМС) - большие интегральные микросхемы (БИС) - сверхбольшие (СБИС). Причем на всем пути элементы принципиально не менялись: это был все тот же набор резистивных, емкостных, полупроводниковых и индуктивных элементов. Лишь в последнее время, в связи с разработкой идей выращивания электронных блоков в

виде монокристаллов и сборки на основе биочипов, появились признаки перехода к принципиально новым элементам.

Развитие стиральной машины:

- бочка с активатором (электродвигатель, насадка), шланг, крышка;
- затем началось присоединение полезно-функциональных подсистем - подогрев, перекачка, модификации активатора, программное управление, отжим-сушка и т.д.;

- миниатюризация - машина "Малютка" и др.;
- предельный случай: совет из раздела "Умелые руки" - электродрель с насадкой и любой таз с бельем (стиральной машины нет, а функция ее выполняется);
- замена механического активатора на ультразвуковой (идея давно используется для отмывки деталей в машиностроении); испытания дали отличные результаты: нужна любая емкость с бельем,

порошком, водой в нее опускается небольшая коробочка (УЗ -активатор);

- после механических и физических активаторов должен быть переход к "химической стирке" (активатор на микро-уровне).

Свертывание типографии: выбранная книга печатается в присутствии заказчика прямо в книжном магазине. Текст и иллюстрации считываются с оптического диска и за несколько минут распечатываются на лазерном принтере (около 10 тысяч печатных листов в минуту), а затем переплетаются на автоматической переплетной линии. ("Наука и жизнь", 1987, № 6, с.104).

Очень важная вставка в раздел 4.11.4.2

**Нанотехнология Эрика Дрекслера:
технократическая утопия или
закономерный этап развития
техники?**

*Статья Б.Понкратова (с
некоторыми сокращениями) "Что
будем делать в третьем
тысячелетии, или последняя
технократическая утопия. ("Техника
- молодежи", 1989, № 12, с. 18-22)*

Весной 1977 г. студент
Массачусетского технологического
института Эрик К.Дрекслер высказал
идею о необходимости перевода

технических систем с макро- на микроуровень, путем создания молекулярных машин - искусственных подобий биологических молекул, работающих в живых клетках.

С конца 70-х годов Э.К.Дрекслер с небольшой группой энтузиастов начал работы по нанотехнологии в Стэнфордском университете.

Вначале были эксперименты с биоподобными структурами: аминокислотами, ферментами (катализаторами биохимических реакций), природными белками и тканями.

Однако вскоре приходит понимание того, что биоподобные структуры (и все, что они могут создать) - это органика, а значит, их возможности

ограничены. Они теряют стабильность или разлагаются при повышенных температурах и давлениях, не могут с большой точностью обрабатывать твердый материал, действовать в агрессивных средах и т.п. Да и не все требуемые виды наномеханизмов можно сконструировать из биомолекул. Значит, неизбежно потребуется использовать неорганические вещества и кристаллические структуры.

Кроме того, конструирование биомашин из биологических компонентов потребует изобретения огромного количества новых принципов, способов, устройств и веществ, которые бы обеспечили получение "на выходе" нужных функций.

Поэтому нет смысла отказываться от грандиозной суммы идей и приемов, наработанных в процессе развития техники. Это все то, до чего "не додумалась" природа, начиная с колеса и кончая компьютером.

Поэтому Дрекслер в своих работах подробно обосновал способы построения на атомном уровне подшипника и зубчатой передачи, рассмотрел проблемы трения скольжения и т.д.

В то же время без биоподобных структур очень трудно манипулировать отдельными атомами и молекулами. Поэтому наномашинны должны соединить в себе свойства живых и технических систем.

Основным типом машин, по мысли Дрекслера, станет так называемый ассемблер, т.е. сборщик. Из любых нужных атомов и молекул он должен уметь строить наносистемы любого назначения - двигатели, "станки", вычислительные устройства, средства связи и т.д. Это будет универсальный молекулярный робот со сменными программами на "перфолентах" типа цепочек РНК или ДНК. Процесс смены программы мог бы напоминать заражение клетки вирусом.

Дрекслер считает, что сборщику для выполнения его задач достаточно иметь порядка 10 тыс. подвижных и неподвижных узлов, каждый из которых построен в среднем из сотни

атомов (всего около миллиона атомов - размер, примерно, в одну тридцатую средней бактерии).

Внешне сборщик можно представить как ящик с "рукой"-манипулятором длиной в сотню атомов. Сам манипулятор прост, но может оперировать сменными инструментами любой сложности. Инструментами служат молекулы, имеющие активные реакционные центры, т.е. участки, способные образовывать прочные химические связи с другими молекулами. Внутри сборщика размещены устройства,двигающие манипулятор, заменяющие молекулярные инструменты в его захвате и содержащие программу всех действий.

Как и рибосомы в клетке, сборщики будут работать в емкостях со специальной жидкостью, богатой исходными материалами, молекулами-заготовками, а также "топливом" - молекулами с большим запасом химической энергии.

Видимо, "рука" будет просто ожидать, пока нужная молекула, пройдя через избирательную насадку, в своем хаотическом движении не ударится о захват. По этому принципу работают активные участки всех ферментов. В их структуре есть изгибы, которые по форме и размеру точно соответствуют нужной молекуле - и никакой другой. У быстрых ферментов скорость обработки составляет миллион частиц

в секунду при достаточной их концентрации в среде.

Рабочий цикл сборщика, таким образом, может повторяться примерно миллион раз в секунду. Эту оценку можно подтвердить другим, независимым рассуждением: "рука" сборщика примерно в 50 млн. раз короче руки человека, и, значит, если сохранять эквивалент инерционных нагрузок, она сможет двигаться примерно во столько же раз быстрее.

Для практической наноинженерии очень опасны хаотические тепловые колебания атомов и молекул. Они могут помешать манипулятору робота обрабатывать и устанавливать детали с нужной точностью. Правда, в определенных случаях они полезны,

например, когда манипулятор "ожидает" случайного наскока молекулы для ее захвата. Но для прецизионных операций тепловые колебания вредны. По этой причине Дрекслер спроектировал очень "толстый" манипулятор (конус 30 нанометров в диаметре и 100 в длину), сложенный из атомов углерода по типу алмазной решетки. Это придаст ему такую жесткость, что его тепловые перемещения не превысят половину диаметра атома.

Управлять сборщиками вручную из-за огромной скорости их работы, конечно, невозможно. Это должны делать нанокomпьютеры, программируемые на каком-нибудь обычном языке управления промышленными роботами.

Для связи с этими крошечными машинами можно использовать нанокомпьютерный интерфейс или передавать команды по радио. Подходящим средством управления наномашинами мог бы стать свет. Можно будет задействовать весь ассортимент известных фотохимических и фотофизических эффектов. Например, свет может изменять форму определенных молекул. Перемещения атомов при этом происходят за триллионные доли секунды. Наконец, свет может стать и источником энергии для наноустройств.

Что касается нанокомпьютеров, то Дрекслер и здесь предлагает использовать механические принципы. Он разработал концепцию

вычислительного устройства, в котором двоичный код реализуется двумя фиксированными положениями прочных линейных карбиновых молекул из 7-8 звеньев длиной 1 нм. Эти микроскопические стерженьки скользят в твердой матрице по каналам, пересекающимся под прямыми углами, так что один стерженок может перекрывать (или не перекрывать) путь другому. Трех параллельных каналов, пересеченных четвертым, достаточно, чтобы образовать универсальную логическую ячейку. Набор таких ячеек позволяет реализовать любой процесс вычислений или обработки информации.

Запоминающее устройство емкостью в миллиард байт займет в таком

исполнении объем бактерии - один кубический микрон. Длительность вычислительного цикла, то есть время перемещения стерженька из одного положения в другое, при его ничтожных размерах, составит всего 50 пикосекунд. Поэтому быстроедействие такой механической системы будет выше, чем у лучших современных микрокомпьютеров.

Возможно ли массовое производство наномашин Дрекслера? Пока это кажется безнадежно нерентабельным. Но это будет только до тех пор, пока в один прекрасный (а может быть, и страшный) день не будет создано самовоспроизводящееся наноустройство.

Всем видам таких устройств Дрекслер дал общее название "репликатор", то есть копировщик. Прислушайтесь внимательно к этому слову. Может быть, когда-нибудь оно обозначит новую эру в жизни человечества. Она начнется, если будет построен один-единственный копировщик. Этого окажется достаточно для такого гигантского переворота во всех областях человеческой деятельности, какого, может быть еще не знала история.

Не слишком ли сильно сказано?
Давайте посмотрим.

Итак, построен один копировщик. Допустим, что он в тысячу раз сложнее сборщика, то есть число атомов в нем равно примерно

миллиарду. Тогда, работая все с той же более чем умеренной производительностью - миллион атомов в секунду, копировщик соберет собственную копию за тысячу секунд, то есть за четверть часа. Опять-таки эта оценка подтверждается независимым соображением: примерно за то же время в благоприятных условиях делится клетка микроба. Новая копия немедленно приступит к самовоспроизведению, и через 10 часов в растворе со строительными и "энергетическими" молекулами будет плавать уже около 70 млрд. копировщиков, а менее чем за сутки их масса превысит тонну. Эта тонна сверхсложнейших устройств получена в течениесуток без всяких затрат человеческого труда. А вторую тонну

можно получить уже не за сутки, а... правильно всего за 15 минут - только подавай раствор. Вопрос о цене пожалуй что и отпадает. Немного осмелев и нарастив за неделю - другую нужную массу копировщиков, можно заставить их прямо из самих себя сложить... ну, допустим, мост через Берингов пролив.

Но дело, конечно, не в количественных рекордах. В наступившей "новой эре" исчезнет необходимость и в любом квалифицированном человеческом труде.

Вот, например, Дрекслер подробно описывает, как с помощью копировщиков построить, то есть, простите, вырастить, ракетный двигатель.

Процесс идет в баке, на дно которого помещают подложку - основание. Крышка бака герметически закрывается, и насосы наполняют его вязкой жидкостью, содержащей в виде взвеси копировщики, перепрограммированные на новые функции сборщиков.

В центре подложки находится "зародыш" нанокomпьютер, хранящий в памяти все чертежи будущего двигателя, а на поверхности имеющий участок, к которым могут "прилипнуть" сборщики из бурлящей вокруг взвеси. Каждый из них получает информацию о назначенном ему пространственном положении относительно зародыша и приказ захватить своими манипуляторами несколько других

сборщиков из взвеси. Они также подключаются к компьютеру "зародыша" и получают аналогичные приказы. За несколько часов в жидкости вырастает некое подобие кристаллической структуры, с мельчайшими подробностями очерчивающей форму будущего двигателя.

Снова включаются насосы, заменяя в баке взвесь сборщиков раствором строительных материалов. Компьютер зародыша отдает команду, и часть составляющих каркас строителей отпускает своих соседей, складывает манипуляторы и также вымывается, оставляя ходы и каналы, которые будут заполнены нужными атомами и молекулами.

Специальные усики оставшихся сборщиков интенсивно гребут, создавая в каналах непрерывный ток жидкости, содержащей "топливо" и исходные материалы и выносящей из рабочей зоны отходы и тепло. Система связи, замкнутая на компьютер зародыша, передает команды каждому строителю.

Там, где требуется наибольшая прочность, сборщики складывают атомы углерода в алмазную решетку. Где критичны тепловая и коррозионная устойчивость, на основе окиси алюминия создаются структуры кристаллической решетки сапфира. В тех местах, где напряжения невелики, сборщики экономят вес конструкции, меньше заполняя поры. И по всему

объему будущего двигателя атом за атомом выкладываются клапаны, компрессоры, датчики и т.д. На всю работу потребуется менее суток времени и минимум человеческого внимания.

А ведь в результате, в отличие от обычных двигателей, получилось изделие, которое не имеет не единого шва и выигрывает в массе примерно в 10 раз по сравнению с современными конструкциями. По своей структуре оно, пожалуй, больше похоже на драгоценный камень.

Но это все еще самые простые возможности нанотехнологии. Из теории известно, что ракетные двигатели работали бы оптимально, если бы могли менять свою форму в

зависимости от режима. Только с использованием нанотехнологии это станет реальностью. Конструкция, более прочная, чем сталь, более легкая, чем дерево, сможет, подобно мускулам (используя тот же принцип скользящих волокон), расширяться, сжиматься и изгибаться, меняя силу и направление тяги.

Космический корабль сможет полностью преобразиться примерно за час. Нанотехника, встроенная в космический скафандр и обеспечивающая круговорот веществ, позволит человеку находиться в нем неограниченное время, к тому же превратив оболочку скафандра в "умножитель силы". В освоении космоса наступит новая эра.

Но то ли еще начнется на Земле? Сборщики сделают практически все практически из ничего, используя любое "подножное сырье", воду и воздух, где есть главные нужные элементы - углерод, кислород, азот, водород, алюминий и кремний; остальные, как и для живых организмов, потребуются в микроколичествах. Исчезнут вспомогательные производства и вся так называемая "группа А", а предметы потребления будут производиться "прямо на дому".

Нанотехника восстановит озонный слой, очистит от загрязнений почву, реки, атмосферу, океаны, демонтирует заводы, плотины, рудники, запечатает радиоактивные отходы в вечные

самовосстанавливающиеся контейнеры. Города и дороги будут расти как трава. В пустынях поднимутся леса фотосинтетических элементов, которые дадут нужное количество электроэнергии, пищевых веществ и универсального биологического топлива - АТФ (аденозинтрифосфатной кислоты). Следы промышленной деятельности почти исчезнут с лица Земли, сократятся сельскохозяйственные угодья, большую часть планеты покроют сады и естественные экосистемы...

Произойдет новая научная революция. Сопоставимые с размерами сборщиков приборы, научное оборудование и натурные модели будут проектироваться и

реализовываться в "металле" за считанные секунды. На них одновременно и с огромной быстротой пойдут миллионы параллельных экспериментов любой сложности, результаты которых обобщит искусственный интеллект и выдаст в нужной форме.

Принципиально иным станет образование. Дети получат карманные наноконструкторы, создающие движущиеся модели животных, машин и космических процессов, которыми они смогут управлять. Игровые и учебные наномашины откроют доступ к мировому знанию, разовьют по индивидуальной программе умственные способности.

Неузнаваемо изменится медицина. Последовательно проверяя и если надо "исправляя" молекулы, клетку за клеткой, орган за органом, наномашины вернут здоровье любому больному, а затем просто не допустят никаких заболеваний и патологий, в том числе генетических. Человек будет жить сотни, может быть, тысячи лет.

Труд в современном смысле, то есть "в поте лица", который с незапамятных времен был главным содержанием жизни, перестанет существовать. Потеряют смысл и нынешние понятия стоимости, цены, денег. Как считает Дрекслер, в таком полностью обновленном обществе осуществится настоящая Утопия но не из тех, где дается рецепт коллективного счастья

в типовых общежитиях. Наоборот, каждый человек получит максимальное разнообразие вариантов существования, возможность, не мешая другим, свободно избирать и менять образ жизни, экспериментировать, ошибаться и начинать сначала.

Однако, Дрекслер не наивен. Он понимает, что реальная картина нанотехнологического бытия может оказаться не совсем радужной, старается предусмотреть возможные осложнения и наметить выходы...

Концепция Э.Дрекслера - яркий пример разработки идей идеализации техники в "стихийном изобретательстве", образец нахождения и формулирования

Достойной цели, остроумного решения научной задачи.

4.11.4.3. Третий путь - свертывание технической системы в одну из подсистем (главным образом - в рабочий орган).

Свертывание - это последовательное совмещение элементов системы:

- *подсистема принимает на себя выполнение функции какого-либо вещества ТС (и это вещество исключается из ТС);*
- *совмещение двух подсистем в одной (и одна ПС исчезает);*

- *совмещение нескольких ПС в одной ;*
- *свертывание ТС в одну из подсистем .*

Подсистемы часто уже обладают свойствами аналогичными свойствам веществ, используемых в данной ТС в другой ее части; остается только вытеснить это вещество, "поручив" выполнение его функции подсистеме. Если же какая-либо подсистема не обладает нужным свойством, ее следует изменить в требуемом направлении.

Несколько примеров:

в Австралии разработаны солнечные фотоэлектропреобразователи, выполненные в виде черепицы из прозрачного пластика с вмонтированными фотоэлементами; крепление на крыше аналогично креплению керамической, цементной или стальной черепицы;

в Японии начат выпуск электрических батарей толщиной не более 0,1 мм на твердом электролите; предлагается размещать батареи в самом корпусе устройства или прибора (изготавливать корпус из батарей);

в Японии выпускаются домашние телевизионные антенны в виде настенного календаря; часть рисунков напечатана металлизированными красками или выполнена из тонкой алюминиевой фольги;

у нас в стране разработана бытовая электроплита, не имеющая нагревательных конфорок, их роль выполняют днища любой металлической посуды; правда, для этого потребовалось ввести тиристорный преобразователь частоты (с 50 Гц до 20 кГц), ток повышенной частоты подается на первичную обмотку трансформатора, а в качестве вторичной обмотки используется дно посуды, достигнут высочайший КПД - 80 % (традиционный способ - не выше 20%).

При совмещении подсистем какая-то одна из них становится "главной" и принимает на себя выполнение дополнительной функции (от второй ПС). Если одна из ПС является

рабочим органом, то именно эта подсистема остается и продолжает совершенствоваться.

Другие ПС как бы "стягиваются" к РО, размещаются в его пограничном слое, сливаются с РО:

одна из автомобильных фирм разработала приборную панель автомобиля ближайшего будущего - панель монтируется на колонке рулевого колеса, кнопки находятся на таком расстоянии, которое позволяет доставать их пальцами;

в Японии создан токарный станок с электронным блоком регулирования скорости (исчезли передаточный механизм, зубчатые колеса, валы и

муфты), в котором электродвигатель постоянного тока совмещен со шпинделем станка;

забортный двигатель с электроприводом (Япония, заявка 59-34558); винт с электродвигателем обособлен, максимально сближены и вынесены на консоли за борт;

встроенный гребной винт (ФРГ, заявка 3312063). Мощный судовой винт должен обладать большим диаметром и малым числом оборотов, в то время как обычный электродвигатель обладает большим числом оборотов и малым диаметром ротора. Поэтому используются громоздкие редукторы и валы, испытывающие значительные знакопеременные нагрузки. Предложено совместить двигатель с рабочим органом

- винтом. Ротор двигателя - винт, ступица которого выполнена из постоянных кобальт-самариевых магнитов, статор в виде кольца, охватывающего концы лопастей винта. Достигнуто резкое снижение М, Г, Э, уменьшен шум, несложно поворачивать для изменения направления движения судна. Создается образец с диаметром винта 2,5 м и мощностью 750 кВт.

В измерительных системах РО - это датчик. Поэтому свертывание измерительных ТС идет в направлении слияния всех частей с датчиком. Например, интегральные датчики представляют собой кремниевый кристалл, в котором объединены собственно

чувствительный элемент и электронная схема формирования сигнала. Такие датчики обладают меньшими М, Г, Э и большей ГПФ.

Идеализируются (свертываются) даже... тюрьмы. В США ввиду переполненности тюрем в 35 штатах довольно широкое распространение получило содержание лиц, не совершивших тяжких преступлений, под домашним арестом, а для контроля их нахождения дома используются электронные средства. Средства контроля двух типов - активные и пассивные, соответственно за совершившими более или менее серьезные правонарушения. Активные средства представляют собой постоянно работающий передатчик, который вмонтирован в неснимающийся браслет,

надеваемый на щиколотку ноги правонарушителя, а в его квартире устанавливаются радиоприемники, которые в произвольное время включаются и передают сигналы по телефонным каналам на ЭВМ в полицейском участке. Масса радиопередатчика 70 грамм. Для его извлечения из браслета требуется специальный инструмент, а при попытке разрезать или снять браслет радиопередатчик начинает излучать специальные сигналы. Прибор пассивного контроля включает ручной или ножной браслет и аппаратуру автоматического запроса.

Еще один сильный пример свертывания двух разнородных подсистем - лампы (излучатель света) и абажура (отражатель света). В США запатентована новая

высокоэкономичная электрическая лампа (пат. США 4017758, 1978, кл. 313-112).

На внутреннюю поверхность колбы нанесен тончайший слой серебра, заключенный между двумя слоями двуокиси титана, которые не задерживают видимый свет, но отражают инфракрасные лучи. Это прозрачное зеркало имеет такую кривизну (колба в форме эллипсоида), что ИК-лучи фокусируются на нити накала и разогревают ее - требуется в 2 раза меньше энергии при том же световом потоке.

Абажур (вспомогательная подсистема) оказался внутри лампы, поближе к рабочему органу. Здесь, в пределах, ограниченных колбой лампы, нет освещаемого (обрабатываемого) пространства, поэтому РО - нить накала, изделие - свет. Поглощенная подсистема

расположилась на пограничном слое внутренней поверхности колбы. Высокая эффективность этого изобретения была оценена даже в Минэлектротехпроме СССР. Зам. министра, например, так "бичевал" собственные просчеты ("Изобретатель и рационализатор", 1980, № 8): "Можно привести пример с электрической лампочкой, созданной недавно в США и потребляющей при том же световом потоке в 2 раза меньше энергии. Мы прозевали создание такой лампочки. Но по материалам патентных фондов еще 3-4 года назад можно было определить направление интенсивных поисков зарубежных исследователей и предвидеть достигнутый результат. Если бы это было сделано вовремя, создание принципиально нового источника света мы смогли бы внести в план

исследовательских работ и иметь сейчас подобную лампочку".

Некомпетентность этого заявления очевидна: если патентные материалы "подсказывали" это решение еще несколько лет назад, то почему его изобрели не у нас?

Изобретение сделано в полном соответствии с одним из законов отечественной теории изобретательства. Оно должно было появиться намного раньше зарубежных разработок.

Более того, если бы специалисты заглянули в отечественный фонд изобретений (кл. H01K), то

обнаружили бы, что первый шаг в этом направлении сделан именно в СССР:

- пат. СССР 3284, 1925 г., П.В.Бехтерев.

"Электрическая лампа накаливания с рефлектором внутри". Вот краткое изложение рассуждений автора изобретения. В существующих лампах свет распределяется нерационально, т.е. излучаемая световая энергия используется плохо. Этот дефект в значительной мере исправляется применением надлежащих абажуров за счет явления отражения света от внутренней поверхности абажура. Однако эмалированные железные абажуры отражают свет слабо, а зеркальные, вследствие легко возникающего потускнения и прочих причин, не могут считаться вполне практичными. Внутри

же лампы нет ни пыли, ни мух, ни окислительных газов. Автор предлагает помещать внутрь колбы рефлекторы разных типов: параболический (как прожектор - сноп света), выпуклый, вогнутый, декоративный, и даже - голофановый; последний представляет собой в поперечном сечении призмы голофана - в виде сложенных рядом и изогнутых треугольных призм из прозрачного стекла, причем, поверхность, обращенная к нити накала гладкая, а наружная - ребристая, этим достигается полное внутреннее отражение.

То есть, прогрессивная идея совмещения отражателя с лампой и придания отражателю определенной геометрической формы высказана давно, еще в начале периода

массового применения
электрической лампы.

Пат. США 2859336 (1958) - лампа с
теплоотражающим экраном,
фокусирующим излучение на
вольфрамовой нити; однако при
температуре 2600-30000К вольфрам
начинал испаряться и оседать на колбу,
колба затемнялась.

Пат. ФРГ 2790151 (1975) - для снижения
температуры вольфрамовой спирали
внутри ее помещают материал,
излучающий видимый свет при
нагревании.

А.с. СССР 202326 - с той же целью на
стержень из нитрида алюминия нанесен
вольфрамовый порошок.

В этих изобретениях попытались использовать "вредную" энергию ИК-лучей на дополнительный разогрев спирали и сразу же натолкнулись на ограничение по предельной температуре вольфрама (до его испарения). Выгоднее не поднимать температуру, а снизить количество энергии, потребной для разогрева спирали. Для этого необходимо увеличить процент начального излучения в ИК-области и соответственно снизить в видимой.

Пат. Франции 2253273 (1973) - тело накала расположено внутри прозрачного в видимой области света баллона с экраном, отражающим ИК-излучение на

это тело накала. В этой лампе тело накала излучает вначале 5-10 % видимого излучения и 90-95 % ИК-излучения, поэтому температура быстро возрастает и мощность видимого излучения увеличивается.

В пат. США 4017758 - колба в виде эллипсоида и нить накала расположены в одном фокусе эллипсоида, т.е. значительная часть тепловой энергии рассеивается.

В пат. США 4160929 (1978) предложена сферическая колба (меньшая, чем у эллипсоида, площадь поверхности и один фокус), в центре которой помещено малогабаритное тело накала. Тело накала должно быть малогабаритным, т.к. центр сферы - точка. Такое тело накала ограничивает мощность лампы.

А.с. 1023451 (1983) - электрическая лампа накаливания, содержащая колбу из оптически прозрачного материала в форме эллипсоида вращения с нанесенным на ее внутреннюю поверхность, отражающим инфракрасное и пропускающим видимое излучение, и установленное в ней тело накала в виде спирали и отражатель, имеющий форму, подобную форме колбы и обращенный вогнутой стороной к телу накала, отличающийся тем, что с целью повышения КПД излучения, указанный эллипсоид образован вращением эллипса относительно меньшей оси симметрии, а тело накала выполнено тороидальным и установлено так, что оно охватывает кольцевую линию фокусов (рис. 39).

***Рис. 39. Электрическая лампа
накаливания по а.с. 1023451.***

1 - отражатель, 2 - внутреннее покрытие, 3 -
тело накала, 4 - колба.

При вращении эллипса множество
фокусов f_1 и f_2 (рис. 39 а) образуют
кольцевую линию f (рис. 39 б). Спираль
охватывает f .

При включении тело накала излучает
видимые и невидимые (тепловые) лучи.
Тепловые лучи изображены сплошной
линией (рис. 39 в), отраженные - одной
пунктирной. Видимые лучи, которые
выходят за пределы колбы, изображены
двойной линией.

Отраженные тепловые лучи
возвращаются к телу накала в другом

фокусе в виде дополнительного источника нагрева. Такое же распространение лучей повторяется в любом осевом сечении по длине спирали.

А.с. 1083253 (1984) - электрическая лампа накаливания, в которой с целью повышения световой отдачи и снижения требований к точности ее изготовления, в другом фокусе колбы установлен элемент, имеющий коэффициент поглощения ИК-излучения не менее 0,9 и температуру плавления не менее 20000К (рис. 40).

Рис. 40. Электрическая лампа накаливания по а.с. 1083253.

1 - колба, 2 - покрытие, 3 - тело накала, 4 - элемент для поглощения в ИК-области.

В качестве материала для элемента 4 может быть использован прессованный силицид бора, карбид или нитрид кремния с температурой плавления около 30000К. При разогреве он излучает дополнительный свет без подвода дополнительной энергии.

Здесь второе тело накала - диэлектрик. Может быть вообще для вольфрамовой нити оставить лишь роль излучателя ИК-энергии? Т.е. разделить функции между двумя веществами и тем самым исключить проблему испарения вольфрама.

А.с. 1100658 (1984) - лампа накаливания, в которой тело накала окружено сеткой, поглощающей ИК-излучение и испускающей видимое, причем соотношение объемов сетки и баллона

1:4-1:30, а тела накала и сетки 1:3-1:10; размеры отверстий в сетке 35-80 мкм; сетка выполнена из окислов металлов и обладает в ИК-области чернотой 0,4-1,0.

***Рис. 41. Электрическая лампа
накаливания по а.с. 1100658.***

1 - баллон, 2 - шероховатая структура, 3,4 - отражающие ИК-экраны, 5 - тоководы, 6 - цоколь, 7 - тело накала, 8 - окисная сетка.

Лампа накаливания (рис. 41) работает следующим образом. Тело накала, разогретое до 2600-30000К излучает 4-9 % видимого и более 90 % ИК-излучения. Окружающий газ, например, ксенон, передает тепло на сетку 2.

Окисная сетка состоит из окислов циркония, тория или гафния с церием, которые поглощают ИК и излучают

видимый свет. При отверстиях в сетке менее 35 мкм увеличивается УФ-, а при размерах более 80 мкм увеличивается ИК-излучение. Шероховатый слой на внутренней поверхности колбы - для рассеивания света.

***Рис. 42. Электрическая лампа
накаливания по а.с. 1309120.***

1 - покрытие, отражающее ИК-излучение, 2 -
зеркальное покрытие.

А.с. 1309120 (1987) - лампа накаливания, в которой для повышения КПД внутренняя отражающая поверхность колбы образована вращением двух соединенных между собой противоположно направленных отрезков парабол, имеющих общую ось и общий фокус, расположенный на пересечении оси парабол и кольцевой линии фокусов,

причем на остальную часть отражающей поверхности нанесено зеркальное покрытие (рис. 42).

4.11.4.4. Четвертый путь свертывания ТС - замена ТС идеальным веществом.

Свертывание ТС в вещество (системы нет, а функция ее выполняется веществом) или, что то же самое идеализация вещества до уровня технической системы (вещество, усложняясь, принимает на себя выполнение все большего количества функций, вплоть до

выполнения функции целой ТС)
может идти в несколько этапов:

- *замена одним веществом функций двух или нескольких веществ;*
- *замена нескольких ПС одним универсальным веществом;*
- *замена ТС идеальным веществом (ИВ).*

Об этих этапах достаточно полно рассказано в предыдущих разделах.

Здесь же только отметим, что к основным свойствам ИВ следует отнести:

- *высокое значение выполняемой ГПФ;*
- *самоорганизация;*
- *самостоятельность отклика на изменения во внешней среде (не требуется внешнее управляющее воздействие).*

Прогностическое развитие ТС (направленная "идеализация вещества") возможно, например, при помощи оператора идеализации : из подсистемы последовательно исключаются вещества с передачей их функций какому-либо одному веществу, а затем в это вещество свертывается вся подсистема.

Рабочий орган, как наиболее интенсивно развивающаяся часть системы, сильнее других "притягивает" к себе ближайшие вещества и подсистемы.

Например, в системе "Винтовка" рабочий орган - пуля. Ближайшая ПС - ствол. Одна из функций ствола выполняется нарезкой - сообщение вращения. Передадим функцию нарезки рабочему органу - самой пуле. Пример решения: использовать пулю-турбинку, с лопастями из материала с эффектом памяти формы, которые раскрываются от тепла пороховых газов и раскручивают пулю при вылете из ствола, в полете пуля охлаждается и лопасти складываются. Другая функция ствола - отвод избыточного тепла. Пример решения:

пуля выполняется из КПМ, пропитанного испаряющимся при определенной температуре веществом, причем поры могут быть открыты только с тыльной стороны.

5. ОБЩАЯ СХЕМА РАЗВИТИЯ ТС

В истории человечества было не так уж много открытий и изобретений, потрясших основы человеческой популяции и давших мощный толчок развитию цивилизации. К таким революционным новшествам можно отнести:

- открытие огня,
- изобретение каменных орудий,
- формирование языка, письменности, распространение книгопечатания,
- открытие электричества,
- изобретение способов передачи информации без переноса массы,
- выход в космос,
- компьютерная технология обработки информации,
- биотехнология и генная инженерия...

Надо однако помнить, что все эти события кажутся нам скачками развития лишь в исторической перспективе. На самом деле это были периоды более или менее стремительного увеличения ГПФ какой-либо области деятельности человека; в эти периоды для решения наиболее насущных задач вовлекались большие или меньшие общественные силы и средства, создавались недостающие для решения задач знания, привлекались сделанные ранее открытия и изобретения (казавшиеся прежде случайными, ненужными, опередившими время). Характерным

признаком наступления таких периодов ускорения развития (рывков, взлетов ГПФ) является долгий или короткий предшествующий период замедления (или остановки) роста ГПФ.

Кстати, такие замедления развития заметны во многих областях современной техники. Укажем лишь на некоторые из них (*Н.И. Петров . Рубежи внедрения . Серия "Техника", 1989, № 1, с. 46-52*):

- расписание движения судов по Волге с 1901 до 1987г. почти не изменилось, т.к. скорость еще в прошлом веке приблизилась к

предельно возможной для данного типа судов;

- швейная машина Э.Хоу, изобретенная 150 лет назад, производила 300 стежков в минуту; производительность современных машин 3 - 3,5 тыс. стежков в минуту, если шить ткани из натуральных волокон; для синтетики такая скорость слишком велика, игла от трения нагревается и расплавляет полимеры;
- средняя скорость резания металла на токарных станках за 100 лет возросла с 2,8 м/мин. до 115 м/

мин, но с 1965г. практически не повышается;

- с 1965г. не растет скорость движения поездов, производительность железнодорожных перевозок увеличивается за счет увеличения массы и длины составов;
- остановился рост к.п.д. электрогенераторов, для ТЭЦ и АЭС он составляет примерно 30%;
- по утверждению специалистов невозможно и нецелесообразно создавать генераторы мощностью более 2,5 - 3 млн. кВт;

- приближаются к пределу своих возможностей ЛЭП, их напряжение не может превышать 2,2 - 2,5 тыс. кВ;
- достигнут предел повышения физико-химических свойств традиционных материалов (хлопок, шерсть, кожи, металлы, сплавы, железобетон и т.д.);
- близка к предельному уровню урожайность различных, прежде всего, зерновых культур;
- жесткие ограничения в части интенсификации технологических

процессов поставлены природой в животноводстве;

и т.д.

Эти и многие другие признаки замедления свидетельствуют лишь о приближении периода ускоренного развития каждой из этих областей человеческой деятельности.

Трудности и противоречия будут преодолены и новая техника, новые способы и технологии обеспечат рывок в ГПФ. Каждое увеличение ГПФ достигается за счет использования знаний полученных в процессе развития ТС, извлеченных из запасников науки или

целенаправленно (выполнение потребности) созданных "под данную задачу". С течением времени рост ГПФ замедлится и цикл повторится.

Таким образом, есть основания говорить о волнообразном развитии техники. Возможно также предположение о некоторой степени симметрии в пределах одной волны: часть законов развития техники инверсны (обращаются в свою противоположность) в разные периоды развертывания и свертывания (рис. 43).

Рис.

Если это так, то снимается
обсуждавшаяся когда-то в ТРИЗ
проблема "столкновения законов"
(увеличение ГПФ в технических
системах достигается то
динамизацией, то
антидинамизацией, то переходом на
микро-, то возврат на макро-уровень
и т.д.) использование тех или иных
законов зависит от того, в каком
периоде развития находится данная
система (развертывание,
свертывание). Причем разные уровни
системы (В-ПС-ТС-НС) могут в одно
и то же время находится в различных
периодах развития.

Представленная здесь волнообразная модель развития техники (разработанная в 1984г. на примере использования процессов развития ТС " *Тепловая труба* ") неожиданно для авторов нашла подтверждение в работах... экономистов. Как оказалось, подобная по смыслу модель впервые предложена в 1925г. Н.Д. Кондратьевым (Большие циклы конъюнктуры. " *Вопросы конъюнктуры* ", 1925, № 1) и была широко подхвачена за рубежом (с 20-х годов ее развивали такие известные ученые как австриец Й. Шумпетер, американец Дж. Форрестер и др.). Автор " *теории больших циклов* " в

экономике был признан во всем мире выдающимся ученым, его авторитет подтверждается бесчисленным количеством ссылок на его работы, а сами циклы давно уже называются "*циклами Кондратьева*".

Сущность теории Кондратьева [*Kondratieff N.D. "The long wave cycle.-Transl. by Daniels Gu. -N.Y., 1984, 138 p.*] заключается в следующем. Начиная с первой промышленной революции и до наших дней колебания в экономическом росте, в творческой и инновационной деятельности, техническом развитии укладывается

в несколько больших волн, или циклов.

Рис. 43. Общая схема развития ТС

Краткая биографическая справка

Николай Дмитриевич Кондратьев родился в 1892г., блестяще закончил церковноприходскую и церковно-учительскую школы, затем училище земледелия и садоводства, юридический факультет Петербургского университета. Увлёкся экономикой. В 25 лет назначен товарищем министра продовольствия в последнем составе Временного правительства. Член партии эсеров. В 1920г. создает Конъюнктурный институт и становится его директором. Задачи института: разработка широкого круга проблем экономической теории и практики.

В институте он проводит работу, приведшую к открытию больших циклов. Первое публичное выступление на эту тему 1922г. Опубликовал более 100 работ до 1930 года. Выступает против жесткой политики индустриализации и коллективизации. В 1930г. арестован, в 1931г. на закрытом заседании суда приговорен к 8 годам лишения свободы. В 1938г. накануне выхода из тюрьмы Кондратьеву зачитали второй приговор расстрел...

Каждая волна или цикл Кондратьева, состоит из четырех фаз - *восстановления* , *процветания* , *снижения* и *депрессии* , - охватывающих одновременно все параметры научно-технического развития: появление идей,

предпринимательская активность, рост квалификации специалистов и т.д. **В последнее время к таким параметрам относят также психологические факторы (изменения в психологических установках, ценностных ориентациях, мотивации)** [Де Грине К.Б. Длительные циклы социотехнических изменений и инноваций: макропсихологическая перспектива. *J.of occupational psychology*. - L., 1988, vol. 61, pt.1, № 1/5. - p.7-23.] .

" Великая депрессия " 1929-1933 г.г. совпала с нисходящей линией третьей волны, Кондратьев

предсказал этот экономический спад.

Рис.

Примечание : *последняя колонка дат случайно (?) совпадает с историей возникновения и развития ТРИЗ...*

- В основе первого цикла развития лежали такие изобретения, как паровой двигатель и ткацкий станок.
- В основе второго - металлургия, ж/д транспорт; третьего - химия, электричество, автотранспорт.

- Технологическая база четвертого цикла: электроника, высокомолекулярная нефтехимия, авиастроение.

- По мнению японского ученого Хаттори Тосио базой пятого цикла станут керамика, полупроводники, лазерная техника, информация и связь, космические исследования. По нашему мнению основой 5-го цикла будут: биотехнология, искусственный интеллект, нанотехнология, космическая индустрия.

Подъем волны начинается с одного или группы изобретений, которые появляются еще в период предыдущей волны - обычно в стадии ее спада, депрессии. Новшество натывается на сильное противодействие; яростное сопротивление внедрению объясняется "объективными" причинами: нет средств, сомнительная полезность для сегодняшних нужд, часто для новшества характерна экономическая невыгодность, происходит ломка сложившейся структуры и связанных с нею личных интересов и амбиций... Однако, *чем*

*больше сопротивление, тем больше
накапливается потенциальной
энергии для будущего взлета ;
сопротивление среды - как опора для
крыла...*

Первоначально новшество
внедряется в одной отрасли,
начинается его массовый выпуск и
связанный с ним период массового
использования. При этом
возрастающие потребности
порождают претензии к новинке,
требования увеличения ее ГПФ.
Отрасль перестраивается,
превращается в ведущую,
предъявляет повышенные требования
к смежникам и поставщикам, а те, в

свою очередь, к следующим звеньям цепочки.

Де Грине К.Б. отмечает, что стадия генерирования знания (изобретений) и его практическое применение отделены временным лагом, величина которого колеблется от нескольких лет до нескольких десятилетий. По его мнению пики появления наиболее сильных новшеств падают на 1825, 1886 и 1935 г.г., т.е. на годы депрессии. Это время, когда становится очевидным, что старые идеи и методы исчерпаны и нет иного выбора, кроме как поиск принципиально новых решений и подходов. Новые идеи и подходы

ставят перед людьми новые цели и вселяют надежды, снимается чувство тревоги и ощущение угрозы; доминирует творческий подход. Именно в этот период (например, сейчас в России) требуется **ФДЦ - фонд достойных целей** - для развития науки и изобретательской деятельности.

Зубчанинов В. и Соловьев Н.,
проведя исследование патентов США
1840-1984г., установили
[В.Зубчанинов, Н.Соловьев.
Изобретения и длинные волны.
"Мировая экономика и
международные отношения", 1989,
№ 6, с.125-132.] , что пик

наибольшей активности в патентовании отмечен в 1880 г., 1930 г., 1970 г. Каждый из пиков приходится на начало длительного спада в экономике. Полученные кривые демонстрируют отсутствие зависимости изменений в объемах патентования от чрезвычайных обстоятельств, например, войн и циклических кризисов; в целом изменения количества патентов соответствуют, подъемам и спадам длинных волн Н.Д. Кондратьева.

Авторы провели также сплошное исследование патентов США за 1947-1986г.г. по 13 традиционным и 24 принципиально новым

направлениям научной и производственной деятельности. Отмечено, что по группе принципиально новой техники сначала появляются базисные изобретения, их количество достигает максимума, затем наступает период их совершенствования, появляется много рядовых изобретений; после этого еще целое десятилетие волна поддерживается созданием новшеств по группе традиционной техники, которая все еще преобладает над новой. В пределах длинных волн существуют более короткие волны для отдельных областей техники,

например в 4-й длинной волне:
ионное легирование
полупроводников, масс-
спектрометрия, использования
отраженных радиоволн для
определения расстояния и др.
Положение максимумов
(минимумов) волн для таких видов
техники часто совпадают, т.е.
явление носит "групповой характер"
(подробно исследована
вычислительная техника).
Рассматривая главный вопрос -
первопричину появления длинных
волн авторы делают следующие
выводы:

- первопричина феномена длинных волн в экономике лежит в закономерностях создания базисных изобретений (а не в динамике капвложений по теории Дж. Форрестера);
- еще одной причиной длинных волн является истощение запаса изобретений, основанных на одних и тех же физических принципах действия; все шире разрабатываются новые идеи и принципы, внедрение которых приносит потребителю значительный технико-

экономический эффект (рост ГПФ в нашей терминологии).

Если оценить эти выводы с позиций идей, изложенных в данной работе, то станет ясно, что первопричина скрывается глубже: в росте ГПФ, в потребностях общества, во взаимодействии общества и техники, в относительном саморазвитии технических систем по волнам идеализации. Какие-то коренные свойства материального мира и индивидуально-общественного сознания обуславливают волнообразный характер их взаимодействия.

Еще гениальный К.Э.Циолковский
ощущал это:

"...Мы раньше проповедовали
повторяемость явлений или
периодичность миров, их многократное
разрушение и такое же возникновение.
Оно и есть, но периоды не совсем
схожи, а как бы куда-то спускаются
вниз, ибо дают все более сложную
материю. Это можно уподобить
волнистой дороге: мы то поднимаемся
по ней, то опускаемся, между тем как
не замечаем, что эта дорога, в общем,
наклонна, то есть с исчезновением
каждого периода мы стоим ниже, чем
раньше. Нет конца, конечно, ни
периодам (волнам), ни понижению
(спуску или усложнению и

уплотнению материи)" ["Животное космоса"].

Ноябрь 1989г. январь,
май (раздел 5) 1990 г. -
Красноярск.

Исправления и дополнения —
март 1996 г. -
Красноярск.